WEBERS ILLUSTRIERTE KATECHISMEN.

No 107

Blaas.

Petrographie.

2 Mark

LEIPZIG, VERLAG von J. J. WEBER.

Klaas

Katechismus der Petrographie.

Katechismus

der

Petrographie.

Lehre von der

Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine.

Von

Dr. J. Blaas.

Mit 40 in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber

1882

Vorwort.

Das vorliegende Büchlein verdankt seine Entstehung dem Wunsche, die Lehren der Petrographie in bündiger Kürze und übersichtlicher Darstellung zu besitzen. Dem Anfänger oder auch dem Fachmanne anderer Disziplinen, welcher zuweilen einen Blick auf dieses Gebiet zu werfen hat, kostet es gewöhnlich große Ueberwindung, sich durch ein voluminöses Werk durchzuarbeiten, was gerade in der Gesteinskunde bisher nötig war, wenn man sich nicht auf Auszüge, wie sie sich in Lehrbüchern der Geologie gewöhnlich finden, beschränken konnte oder wollte. Besonders sind es die mikroskopischen Verhältnisse, welche in denselben eine viel zu oberflächliche Behandlung finden können; und doch verdienen gerade diese immer mehr eine eingehendere Berücksichtigung in der Gesteinslehre, wie schon aus den Worten Vogelsangs hervorgeht: „Ein Gestein kann nicht dem System eingereiht werden, es ist fremd, unbekannt, solange in dieser Hinsicht Unklarheit besteht“.

In gedrängter Kürze und doch hinreichender Ausführlichkeit sucht daher das vorliegende Werkchen den Interessenten vorzüglich hinsichtlich des mikroskopischen Teiles gerecht zu werden.

Daß ein derartiges Büchlein naturgemäß eine kompilatorische Arbeit sein wird, braucht kaum erwähnt zu werden, und wenn ihm eine nachsichtige Kritik einen Wert zuspricht, wird es bezüglich Auswahl und Anordnung des Stoffes und der Darstellungsform geschehen. Die flüchtige Behandlung der so komplizierten optischen Verhältnisse wird mit Rücksicht auf den beschränkten Raum, der diesen Zeilen gestattet war, gewiß entschuldigt werden.

Bei der heutigen Popularität der Naturwissenschaften dürfte dieses Werkchen auch manchem Laien willkommen sein, und so möge es denn sowohl bei diesen als besonders bei angehenden Naturforschern viele Freunde, von seiten der Fachgenossen aber eine nachsichtige Beurteilung finden!

Innsbruck, Mineral.-petrograph. Institut der Universität.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

II. Entstehung der Gesteine.

III. Metamorphose der Gesteine.

Anhang.

Erklärung der Abkürzungen.

Bei den Mineralien bedeutet:	
I = Tesserales Krystallsystem.	IV = Monoklines Krystallsystem.
II = Tetragonales "	V = Triklines "
III = Rhombisches "	VI = Hexagonales "
	+ Nicols = gekreuzte Nicols.

Katechismus der Petrographie.

Einleitung.

1. Begriff und Aufgabe. Unter Petrographie versteht man die Lehre von den die Erdkruste zusammensetzenden Gesteinen. Gesteine sind mehr oder weniger ausgedehnte, am Aufbau des festen Bodens und der Gebirge (daher Fels- und Gebirgsarten) hervorragend Anteil nehmende, in der Regel fest verbundene Mineralaggregate. Die Aufgabe der Petrographie besteht daher zunächst in der Beschreibung und systematischen Gruppierung der Gesteine, im weiteren Sinne dann aber auch in der Erforschung und Erklärung ihres Ursprunges und ihrer im Laufe der Zeiten eingetretenen Veränderung, endlich in der Darstellung der Art und Weise, wie sich dieselben als architektonische Glieder in den Bau der Erdveste einfügen. In letzterer Beziehung berührt sie sich innig mit einer anderen Disciplin, deren wichtigste Hülfswissenschaft sie selbst ist, mit der Geologie, so daß die Grenzen nach dieser Seite hin nicht leicht zu ziehen sind.

2. Hülfswissenschaften. Das Studium der Petrographie setzt gewisse Kenntnisse voraus, unter welchen als wichtigste die der Mineralogie zu nennen ist. Zu einem wissenschaftlichen Studium der Mineralogie ist aber Vertrautheit mit den Hauptlehren der Chemie und Physik und zwar von letzterer vorzüglich eine genaue Bekanntschaft mit der Optik erforderlich, da es besonders die optischen Eigenschaften der Mineralien sind, welche in der Petrographie zu ihrer Diagnose verwendet werden.

3. Geschichtliches. Die Petrographie ist eine noch junge Wissenschaft. Man kann hier füglich alles, was sich etwa diesbezüglich im Altertum und Mittelalter finden mag, übergehen.

Was über Mineralien und Gesteine, wenn sie überhaupt unterschieden wurden, bekannt war, bezog sich vornehmlich auf ihre Nutzanwendung und ihre mysteriösen Kräfte. G. Agricola (1494—1555), der ein Werk über den Bergbau schrieb, gab die erste positive Andeutung einer Gesteinslehre. Trotzdem, daß nach ihm sowohl auf dem Gebiete der Chemie, als auch in der Erkenntnis der Mineralien, die man allmählich von Gesteinen zu unterscheiden begann, an Namen wie Paracelsus, N. Steno und später Cronsted, der sein Mineralsystem bereits auf chemischer Grundlage aufbaute, ein bedeutender Fortschritt in der Wissenschaft geknüpft war, dauerte es doch noch mehr als zwei Jahrhunderte, bis mit A. G. Werner (1749—1817) ein Mann auftrat, der auf dem Gebiete der Mineralogie und Geologie langezeit die naturwissenschaftliche Welt beherrschte. Werner wurde durch seine Lehre, daß alle Gesteine sich aus dem Wasser abgesetzt hätten, die unleugbar massigen Gesteine aber, deren Ausdehnung eine sehr geringe sei, durch Erdbrände entstanden wären, der Begründer des Neptunismus. Die Reaktion gegen Werners Ansichten trat am schroffsten in der Lehre des Schottländers James Hutton von einer allgemeinen pyrogenen Entstehung der Gesteine, dem sogenannten Vulkanismus, hervor. Der Kampf zwischen beiden extremen Richtungen rief eine Reihe von Experimenten (James Hall 1761—1832) zur Erhärtung der einen oder der anderen Ansicht hervor, welche für die Entwickelung unserer Wissenschaft von der weittragendsten Bedeutung waren. Die gleichzeitigen eminenten Fortschritte der Chemie durch Klaproth, Vauquelin, Berzelius u. a. und die Leistungen auf dem Gebiete der Krystallographie (z. B. durch Hauy) in Verbindung mit der großartigen Erweiterung unserer geologischen Kenntnisse durch die Reisen Leop. v. Buchs und A. v. Humboldts schufen die Basis der gegenwärtigen petrographischen Wissenschaft. Eine Reihe von Mineralogen wie Mohs, Weiß, Breithaupt, Haidinger, Naumann, Rose ꝛc. förderten in Verbindung mit den oben genannten Chemikern alle jene Hülfswissenschaften, ohne welche G. Bischofs (1792—1870) „Chemisch-physikalische Geologie“ nicht entstanden wäre, ein Werk, welches wohl als Grundlage der gegenwärtigen wissenschaftlichen Gesteinslehre angesehen werden kann. Die Versuche über Gesteinsgenesis und -metamorphose, sowie die großartigen Fortschritte der Physik vorzüglich in der Optik und die sich mehr und mehr entwickelnde

Gesteinsmikroskopie, um welche sich Männer wie Nicol, Brewster und zahlreiche andere unserer Zeitgenossen unsterbliche Verdienste erworben, waren es vorzüglich, die der Petrographie die Mittel an die Hand gegeben, sich mehr und mehr zu einer selbständigen Disciplin zu erheben und es zur gegenwärtigen Vollkommenheit zu bringen.

4. **Litteratur.** Die wichtigste einschlägige Litteratur ist die folgende:

F. Zirkel, „Lehrbuch der Petrographie". 2 Bde. Bonn 1866.

Derselbe, „Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine". Leipzig 1873.

A. v. Lasaulx, „Elemente der Petrographie". Bonn 1875.

H. Rosenbusch, „Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien". Stuttgart 1873.

Derselbe, „Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine". Stuttgart 1877.

C. Doelter, „Die Bestimmung der petrographisch wichtigeren Mineralien durch das Mikroskop". Wien 1876.

H. O. Lang, „Grundriß der Gesteinskunde". Leipzig 1877.

Aeltere Werke sind die von Blum, Cotta, Leonhard, Naumann, Senft u. a. Für die Gesteinschemie von Wichtigkeit sind:

J. Roth, „Die Gesteinsanalysen". Berlin 1861.

Derselbe, „Allgemeine chemische Geologie". I. Bd. Berlin 1879.

Eine mehr oder weniger ausführliche Uebersicht der Gesteinslehre findet sich ferner in allen Hand- und Lehrbüchern der Geologie. Detailarbeiten liefern in großer Zahl die Zeitschriften und periodischen Werke, so z. B. die „Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft" — das „Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie" (gegründet von K. C. v. Leonhard, und H. G. Bronn, fortgesetzt von G. Leonhard, Geinitz, Benecke, Klein und Rosenbusch) — das „Jahrbuch" und die „Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt" — Tschermaks „Mineralogische Mitteilungen" — Groths „Zeitschrift für Krystallographie und Mineralagie" — „Comptes rendus" ꝛc. ꝛc.

5. **Einteilung des Stoffes.** Naturgemäß zerfällt jede beschreibende Disciplin in einen allgemeinen und einen besondern Teil, wobei der allgemeine Teil das allen einzelnen

Gliedern gemeinsame zum Gegenstande hat, der besondere, systematische Teil sich mit der Aufzählung, Beschreibung und Unterscheidung der Einzelerscheinung beschäftigt. In der folgenden Darstellung wurden jedoch gewisse Lehren, die gewöhnlich in der allgemeinen Gesteinslehre behandelt werden, davon abgetrennt und in einem besonderen Abschnitte hinter dem speziellen Teil angefügt. Es sind dies jene Erscheinungen, auf deren Behandlung beide Disciplinen, die Geologie und Petrographie, gleichen Anspruch erheben, nämlich die Lehre von der Lagerung, Genesis (Entstehung) und Metamorphose (Umwandlung) der Gesteine. Dieselben werden auch dem Lernenden mit mehr Gewinn erst dann vorgetragen, wenn er das Material, um dessen Entstehung und architektonischen Bau es sich handelt, bereits kennt, und sind daher als dritter Teil unter dem Namen geologische Petrographie zusammengefaßt.

Erster Teil.

Allgemeine Petrographie.

---

6. Erklärung. Die folgenden allgemeinen Lehren sind unter die Kategorieen von Stoff, Form, chemische und physikalische Eigenschaften der Gesteine gebracht. Da die Gesteine nicht homogene Individuen, sondern Aggregate sind, so werden unter Stoff nicht chemische Elemente, sondern die zusammensetzenden Bestandteile, das Gesteinsmaterial, verstanden. Aus demselben Grunde ist die Form der Gesteine nicht wie bei den Mineralien in der Wesenheit des Stoffes begründet, sondern durch mechanische Einwirkungen und zufällige Umstände hervorgebracht. Am deutlichsten ist dies in der äußern Umgrenzung der Gesteinsmassen (den Lagerungsformen), welche im dritten Teil ihre Behandlung finden, ersichtlich. Aber auch die innere Form, die Struktur- und Absonderungsverhältnisse, werden durch rein zufällige Umstände, wie Gestalt der ausgeschiedenen Mineralien, Abkühlungsverschiedenheiten, äußeren Druck 2c., hervorgebracht. Die physikalischen Eigenschaften sind, mit Ausnahme etwa des spez. Gewichtes, selbst bei materiell vollkommen gleichen Gesteinen so schwankend und von zahlreichen Zufälligkeiten abhängig, daß sie im allgemeinen Teile nur eine höchst untergeordnete Behandlung finden können. Wichtiger sind die chemischen Eigenschaften, da ihre Kenntnis mitunter für die Bestimmung der mineralischen Natur der Gemengteile von großem Werte ist. Selbstverständlich finden die beiden letzteren Eigenschaften vorzüglich dort besondere Berücksichtigung, wo infolge des Herabsinkens der Gemengteile zu winzigen

Dimensionen dem Beschauer nicht so sehr diese, als vielmehr das ganze Gestein als ein homogenes Individuum entgegentritt. — An diese allgemeinen Erscheinungen reiht sich endlich die Beantwortung der Frage nach den Prinzipien der Anordnung der Gesteine im System.

A. Das Gesteinsmaterial.

7. Konstituierende Bestandteile. Die Elemente, aus welchen sich ein Gestein aufbaut, sind in der Regel unorganische Körper, Mineralien (minerogene Gesteine); doch finden sich auch ausgedehnte Gesteinskomplexe, deren Material vorwiegend organischen Ursprungs ist; es sind dies die Kohlengesteine und die fossilen Harze (phytogene Gesteine), und solche, die größtenteils aus Conchylienschalen oder den Gerüsten und Panzern von meist mikroskopisch kleinen Tieren aufgebaut sind (zoogene Gesteine).

8. Krystalline und klastische Gesteine. Die einzelnen Mineralien treten nun entweder unmittelbar zur Bildung eines Gesteines zusammen, indem sie bald aus einem Schmelzflusse, bald aus einer Lösung, jenachdem eben die Substanz, aus welcher das Gestein entstanden, ursprünglich vorhanden war, als Krystalle, häufig unter gegenseitiger Hinderung ihrer Entwickelung, ausgeschieden wurden, oder das Gestein besteht aus Bruchstücken früherer derartig entstandener Mineralmassen, wobei dann diese Bruchstücke durch ein mehr oder weniger deutlich erkennbares Bindemittel (Zement) verkittet wurden. Erstere heißen krystalline oder ursprüngliche (protogene) Gesteine, letztere klastische (deuterogene) oder Trümmergesteine. Halbkrystalline hat man solche Gesteine genannt, welche neben krystallinen Ausscheidungen eine amorphe Masse besitzen. Ferner unterscheidet man, jenachdem die Gemengteile krystalliner Gesteine schon mit bloßem Auge oder erst nach Zuhülfenahme des Mikroskopes erkennbar sind, zwischen makrokrystallinen (phaneromeren) und mikrokrystallinen (kryptomeren, dichten, aphanitischen*) Gesteinen.

---

*) Phanero- und kryptomer 2c. sind termini, die übrigens auch bei deuterogenen Gesteinen gebraucht werden.

Da, wie eben erwähnt, die klastischen Gesteine sich aus ursprünglichen krystallinen zusammensetzen, so bezieht sich selbstredend das im folgenden über die Gemengteile angeführte zunächst auf die ursprünglichen Gesteine.

Eine untergeordnete Rolle spielen die sogenannten amorphen Gesteine, welche entweder, wie die natürlichen Gläser (Obsidian, Pechstein rc.) fast ohne Individualisierung von Gemengteilen aus einem Schmelzflusse erstarrt sind und hyaline Gesteine heißen, oder nach und nach aus einem gallertartigen Zustand erhärteten (Opalschiefer); letztere werden auch porodine Gesteine genannt.

9. Uebersicht. Im folgenden sollen nun das Wertverhältnis der Gemengteile und die Wege, welche zur Bestimmung derselben führen, angegeben werden. Jenachdem man sich nur mit der Feststellung jener Gemengteile, welche entweder mit freiem Auge, oder doch schon nach Zuhülfenahme der Lupe erkennbar sind, begnügt, oder zur Bestimmung des Gesteines das Mikroskop anwendet, unterscheidet man eine makro- und mikroskopische Untersuchung. Die letztere Methode, welcher die Gesteinslehre so großartige Erfolge zu danken hat, wurde erst in verhältnismäßig neuerer Zeit allgemein angewendet. In beiden Fällen werden sowohl die morphologischen und physikalischen Eigenschaften der Mineralien, als auch die chemischen zur Bestimmung verwertet. Die Lehre von der mikroskopischen Gesteinsuntersuchung enthält eine mikroskopische Charakteristik der petrographisch wichtigsten Mineralien anhangsweise, da diese, wenigstens in ihrem speziellen Teile, eigentlich Gegenstand der Mineralogie wäre.

I. Allgemeines über die konstituierenden Bestandteile der krystallinen Gesteine.

10. Wesentliche Gemengteile. Die krystallinen Gesteine sind entweder Aggregate von mehr oder weniger entwickelten Individuen einer einzigen Mineralart (z. B. Kalkstein) oder mehrerer (Granit); erstere heißen einfache Gesteine, letztere gemengte. In der Regel tragen zur Bildung eines gemengten Gesteines nur wenige Mineralspezies bei. Diejenigen Mineralien nun, welche zur Bildung eines gewissen einmal festgestellten Gesteinstypus notwendig sind, so daß also das Gestein seinen

Namen und seine Stellung im System verlieren würde, wenn eines derselben fehlte, heißen **wesentliche Gesteinsgemengteile**. So gehören z. B. zum Begriff Granit die Mineralien Feldspath, Quarz, Glimmer. Ein Gestein, das nur aus Quarz und Glimmer besteht, heißt nicht mehr Granit sondern Greisen *).

Von der großen Zahl der bis jetzt unterschiedenen Mineralien treten nur wenige als gesteinsbildende Gemengteile auf. Unter diesen sind besonders zu nennen: die Feldspathe — Quarz — Magnesia und Kaliglimmer — Serpentin, Talk und Chlorit — die meisten Mineralien der Augit- und Hornblendegruppe — Granat und Turmalin — Magneteisen und Hämatit Kalk- und Dolomitspath — Anhydrit, Gips und Steinsalz — Graphit und die Kohlen — endlich das Wasser in fester Form als Eis.

11. Accessorische Gemengteile. Selten besteht ein Gestein ausschließlich nur aus den wesentlichen Gemengteilen, meist finden sich neben ihnen in untergeordneter Menge andere Mineralien, welche nicht zum Begriff des Gesteinstypus gehören, bald häufiger vorkommen, bald gänzlich fehlen können, ohne daß dadurch das Wesen des Gesteins verändert würde. Wenn auch diese sogen. **accessorischen Gemengteile** nicht zur Wesensbestimmung eines Gesteins gehören, so sind sie doch häufig für manche Vorkommnisse oder selbst für manche Typen ganz besonders charakteristisch; so Turmalin für manche Granite, Zirkon für gewisse Syenite, Magnetit findet sich in den meisten jüngern Eruptivgesteinen, Granat regelmäßig im Glimmerschiefer u. s. w.

Als accessorische Gemengteile ließe sich eine große Zahl von Mineralien anführen. Die wichtigsten und am häufigsten vorkommenden sind: Magnetit, Chromit, Pyrit — Granat — Staurolith — Olivin — Zirkon — Beryll — Borazit — Apatit — Titanit — Schwefel — manchmal auch Diamant und Gold.

12. Accessorische Bestandmassen. Mit dem Namen accessorische Bestandmassen bezeichnet man lokalisierte Mineralaggregate von anderer Beschaffenheit, als die Hauptmasse des Gesteins, welche sich innerhalb derselben zerstreut vorfinden. Nach ihrer Entstehung unterscheidet man sie in Konkretionen und Sekretionen.

---

*) Natürlich ist damit nicht gesagt, daß zur Definition eines Gesteinstypus der mineralogische Bestand allein genügt. Vgl. Granit und Gneiß, Greisen und Glimmerschiefer.

13. Konkretionen. Sie sind entstanden durch Anhäufung fremder Mineralsubstanz um einen Punkt, dessen größere Attraktion ihre Bildung veranlaßte. Die äußersten Teile einer Konkretion sind daher die jüngsten. Ihre Grenzen gegen die übrige Gesteinsmasse sind in der Regel scharf; ihre Gestalt ist meist kugelförmig, traubig, knollig, linsen- oder plattenförmig oder es zeigen sich andere wunderliche Bildungen.

Besonders erwähnt mögen werden:

Krystallgruppen, um einen Punkt gruppieren sich an einem Ende frei ausgebildete Krystalle, wie z. B. Gips und Eisenkies in Thonen und Sanden.

Sphäroidische Konkretionen, radial-strahlige, oft konzentrisch-schalige Kugeln von Gips, Kalkspath, Braunspath, Eisenkies oder von Hornstein und Jaspis in Kalksteinen und Thonen.

Klappersteine, knollige Massen, im Innern hohl mit einem eingeschlossenen, losgelösten Stückchen.

Septarien, linsenförmige Konkretionen mit Spalten im Innern, in welche später Kalkspath, Braunspath 2c. secerniert wurde.

Lößkindel, Lößpuppen, knollige, mergelige Konkretionen, oft von wunderlicher Gestalt, im Löß und Lehm.

Brillensteine, linsenförmige Knollen oft zu zweien nebeneinander von konzentrischen Wülsten umgeben.

Immatrasteine, sehen den früheren sehr ähnlich; Gemenge von kohlensaurem Kalk, Sand und Thon mit ringförmigen Rippen und Furchen auf der Oberfläche.

Konkretionen der Tütenkalke und Tütenmergel. In manchen Kalken (Oestringen, Waldstetten, Orawitza) finden sich kegelförmige Konkretionen, welche aus tütenförmig in einander geschobenen, faserigen Schalen bestehen. Verwittert der Kalk, so ragen sie an der Oberfläche vor; solche Kalke werden dann Nagelkalke genannt.

14. Sekretionen. Die Bildung von Sekretionen setzt das Vorhandensein von Hohlräumen im Gesteine voraus. Dadurch, daß in diese aus der Gesteinsmasse Mineralsolutionen einfiltriert wurden, füllten sie sich allmählich von den Wänden her mit fester Mineralsubstanz aus, die häufig schichtenweise einer anderen Mineralspezies angehört. Entweder sind die Höhlungen voll-

ständig von der infiltrierten Substanz erfüllt oder es bleibt in der Mitte ein freier Raum übrig, in welchen dann die Spitzen der gebildeten Krystalle hineinragen. Die ausfüllenden Mineralien sind in der Regel Chalcedon, Jaspis, Amethyst, Bergkrystall, Kalkspath, Schwerspath und Zeolithe. Die präexistierenden Hohlräume können entweder ursprüngliche durch den erstarrenden Gesteinsmassen beigemengte Gase hervorgerufene Blasenräume gewesen, oder durch Auswitterung von Gesteinsgemengteilen erst später entstanden sein. Selten lassen sich die Wege, welche die eindringenden Minerallösungen genommen haben, nachweisen.

Man unterscheidet rundliche und plattenförmige Sekretionen. Die ersteren heißen, wenn sie klein sind, Mandeln, wenn sie größere Dimensionen haben, Geoden; letztere nennt man Adern oder Trümer. Mandeln und Geoden finden sich sehr häufig in Eruptivgesteinen, so in Melaphyren und Basalten. Die Adern und Trümer sind Ausfüllungen von Spalten und zeigen von beiden Wänden her eine symmetrische Anordnung der abgesetzten Mineralien. Oft bleibt der mittlere Teil der Spalte, ähnlich wie bei den Geoden, frei und es ragen in denselben von den Wänden her die Spitzen der angeschossenen Krystalle. Dieser Umstand ist besonders zur Unterscheidung dieser Art von Sekretionen von den plattenförmigen Konkretionen geeignet.

Aehnlich den Mandeln und Geoden sind die sogenannten Nester, d. h. Ausfüllungen ganz unregelmäßiger Hohlräume mit fremder Mineralsubstanz.

15. Fremde Einschlüsse. Erwähnt werden müssen hier noch die Einschlüsse fremder Körper in den Gesteinen, die mitunter leicht mit Konkretionen verwechselt werden können. So enthalten die Massengesteine (Granit, Basalt) sehr häufig Bruchstücke des durchsetzten Gesteines, z. B. von Schiefern, Kalk- und Sandsteinen, eingeschlossen. Hieher zu rechnen sind auch die sogenannten Versteinerungen (Petrefakten). Ihre Behandlung gehört jedoch einem besonderen Wissenschaftszweige, der Paläontologie, an.

II. Bestimmung der Gemengteile.

16. Makro- und mikroskopische Untersuchung. Die erste Aufgabe des Petrographen ist die Erkennung der Mineralien, aus welchen ein Gestein zusammengesetzt ist. Sind die einzelnen Bestandteile entweder mit freiem Auge oder wenigstens mit der

Lupe deutlich zu erkennen, dann hat ihre Bestimmung meist keine bedeutenden Schwierigkeiten, im anderen Falle dagegen gelingt die Feststellung der mineralogischen Zusammensetzung und Struktur eines Gesteins erst auf umständlicherem Wege und mit Zuhülfenahme des Mikroskops. Die mikroskopische Untersuchung wird aber auch auf phaneromere Gesteine ausgedehnt, um die Mikrostruktur der Gemengteile, die Art ihrer Verbindung, das Vorhandensein etwaiger mikroskopischer Bestandteile u. dergl. zu erkennen. Im folgenden soll nun das wichtigste über die makro- und mikroskopische Gesteinsuntersuchung behandelt werden.

a) Untersuchung auf makroskopischem Wege.

17. **Verwertung der morphologischen Eigenschaften.** Es ist selbstverständlich, daß zur Erkennung der gesteinsbildenden Mineralien, die Kenntnis ihrer Eigenschaften notwendig ist. Die Charakterisierung der Mineralien ist aber Gegenstand der Mineralogie; es kann daher an dieser Stelle nur darauf hingewiesen werden, welche Eigenschaften durch die Aggregation von Mineralien in Gesteinen und die dadurch bewirkte häufige Störung in der Ausbildungsweise einen größeren oder geringeren Wert erlangt haben.

Verhältnismäßig selten sind makroskopische Gemengteile allseitig so vollständig entwickelt, daß ihre Krystallform zur Erkennung benützt werden könnte. Wichtiger sind daher andere, von der äußeren Umgrenzung unabhängige Eigenschaften, wie Zwillingsbildung, gewisse Formen der Aggregation und besonders die physikalischen Eigenschaften.

18. **Verwertung der physikalischen Eigenschaften.** Daß Spaltbarkeit, Bruch, Härte, Glanz und Farbe, Durchsichtigkeit und Verhalten vor dem Lötrohr zur Erkennung von Mineralien, besonders in ihrer Kombination, von großem Wert sind, braucht kaum erwähnt zu werden. Zur Untersuchung wähle man frische Bruchflächen des Gesteins oder angeschliffene und gut polierte Flächen und nehme nötigenfalls die Lupe zurhand. Oefters empfiehlt es sich, das Gestein grob zu pulverisieren und mit der Lupe zu untersuchen; manchmal ist eine Sonderung nach dem spezifischen Gewichte durch Schlemmen rätlich, was besonders zur Schätzung des Mengenverhältnisses gewisser Bestandteile von Wert ist. Leider besitzen gerade jene Gemengteile, an deren

Trennung besonders gelegen ist, wie Feldspath, Quarz, Augit und Hornblende ꝛc., so geringe Differenzen ihres spezifischen Gewichtes, daß eine Trennung auf diesem Wege kaum möglich ist. Leichter gelingt es bei Erzen, welche so häufig accessorisch oder als Einsprenglinge in Adern und Nestern vorkommen. Zu Lötrohrversuchen breche man sich sehr dünne Splitter aus dem Gestein. Dieselben können dann auch vor dem Versuch auf Schmelzbarkeit bequem zur Bestimmung der Härte durch Ritzversuche an Mineralien der Härteskale benützt werden.

19. **Verwertung der chemischen Eigenschaften.** Zu diesen wird natürlich in jenen Fällen die Zuflucht genommen, in welchen morphologische und physikalische Eigenschaften nicht genügenden Aufschluß gegeben haben. Besonders sind es die Löslichkeitsverhältnisse, das Entstehen von Gasen (Kohlensäure), das Gelatinieren u. dergl. bei Anwendung von Säuren, welche oft sofort ein Mineral erkennen lassen. So weist ein lebhaftes Brausen nach dem Betupfen mit Salzsäure, wenn die übrigen Merkmale stimmen, auf Calcit, während z. B. Dolomit nur sehr schwaches Brausen und geringe Löslichkeit in kalter Salzsäure zeigt. Hier empfiehlt es sich besonders, glatte Flächen an ein Gestein anzuschleifen, dieselben nach und nach mit verschiedenen Säuren zu behandeln und mit der Lupe zu untersuchen.

Uebrigens ist auch die Beobachtung verwitterter Gesteinsflächen für die Erkennung mancher Gemengteile von nicht zu unterschätzendem Werte, da gerade die Art der Umwandlung mancher Mineralien durch Wasser und Atmosphärilien besonders charakteristisch ist.

20. **Das Mengenverhältnis der Bestandteile.** Zur Bestimmung des relativen Bestandes phaneromerer Gesteine wurden verschiedene Methoden vorgeschlagen; jedoch führen alle nur zu einer annähernden Kenntnis dieses Verhältnisses, und sind, wie eben erwähnt, nur auf größere Gemengteile beschränkt. Man pulverisiert, um nur einiges anzuführen, das Gestein, entfernt aus einer gewogenen Menge die eisenhältigen Mineralien durch starke Magnete, wiegt, behandelt das übrige mit Salzsäure, wiegt wieder, versucht auch noch eine Trennung durch Schlemmen u. s. f. Oder man schleift sich drei gleichgroße Würfelflächen an das Gestein, paust von jeder Fläche auf aufgelegtes Pauspapier die Umrisse der Gemengteile, trennt die gleichartigen durch Farbe, klebt die so erhaltene Pause auf Zinnfolie und schneidet die kolorierten Stücke

aus. Wiegt man nun die gleichgefärbten, so erhält man annähernd das Mengenverhältnis der größeren Bestandteile.

Alle diese Methoden geben, wie leicht ersichtlich, nur eine höchst beiläufige Vorstellung von dem in Frage stehenden Quantitätsverhältnis der das Gestein zusammensetzenden Mineralien. Genauere Resultate liefert die später zu erwähnende chemische Analyse eines Gesteins.

In neuester Zeit wurde eine Trennung der Gemengteile durch Quecksilberjodidlösung vorgeschlagen.

b) Mikroskopische Untersuchung.

21. Wichtigkeit derselben. Die Anwendung des Mikroskops zur Gesteinsanalyse, besonders zur Untersuchung der gemengten krystallinen Gesteine hat bereits eine solche Ausdehnung gewonnen, daß wohl keines der letzteren als bestimmt angesehen werden darf, das dieser Untersuchung nicht unterzogen worden ist. Die Wichtigkeit dieses Instrumentes leuchtet ganz besonders ein, wenn man einen Blick auf die große Erweiterung unserer Kenntnisse der Gesteinszusammensetzung und -genesis, welche uns dieselbe gebracht hat, wirft. Besonders ist es die letztere, die Lehre von der Entstehung der Gesteine, welche sehr gewichtige Argumente aus der mikroskopischen Gesteinsuntersuchung holt. Es ist daher begreiflich, daß in der neueren Petrographie der mikroskopischen Charakterisierung der Gesteinsgemengteile und der Mikrostruktur ein so hervorragender Platz eingeräumt wird.

22. Optische Instrumente. Zur mikroskopischen Untersuchung ist ein gutes Mikroskop, welches etwa eine 600fache Vergrößerung zu liefern imstande ist, notwendig; mit demselben muß ein Polarisationsapparat in Verbindung gebracht werden können. Von großem Werte und für manche Fragen unerläßlich ist dann noch das Stauroskop und ein Polarisationsinstrument zur Beobachtung im konvergenten Licht. Für den vorliegenden Zweck dürfte es genügen, die Einrichtung und den Gebrauch des Mikroskops kurz zu skizzieren*).

23. Einrichtung des Mikroskops. Bezüglich der Theorie und der genauern Einrichtung eines Mikroskops muß auf die diesbezüglichen Lehren der Physik verwiesen werden. Hier möge

---

*) Eine ausführliche und sehr klare Darstellung dieser Instrumente und ihrer Anwendung findet sich in Groths „Physikalischer Krystallographie". Leipzig 1876.

nur die Einrichtung eines Mikroskops, wie es sich für Gesteinsuntersuchung besonders eignet, an der nebenstehenden Figur 1 erläutert werden. Dieselbe stellt im Aufriß die wesentlichsten Teile eines solchen Instrumentes dar. Auf einem hufeisenförmigen, schweren Stativ B B ist ein säulenförmiger, vertikaler, bei G mit einem Kniegelenk versehener Träger D befestigt. An demselben läßt sich mit Hülfe der Schraube s der Tubus O O' vertikal verschieben, die Schraube S dient zu feinerer Einstellung. Zur Herstellung verschiedener Vergrößerungen können bei O und O' verschiedene Okular- und Objektivlinsensysteme eingesetzt werden. Unterhalb des Tubus befindet sich ein Tischchen M N mit einer kreisrunden Oeffnung m n in der Mitte, durch welche mit Hülfe eines Beleuchtungsapparates R, bestehend aus einem Plan- und einem Hohlspiegel, durchsichtige Objekte über der Oeffnung des Tischchens beleuchtet werden können. Um Winkel an mikroskopischen Krystalldurchschnitten messen zu können, ist auf dem Tischchen eine kreisförmige, in Grade geteilte und um die Axe des Tubus drehbare Scheibe l l' angebracht, deren jeweiliger Drehungswinkel am Nonius bei l' abgelesen werden kann.

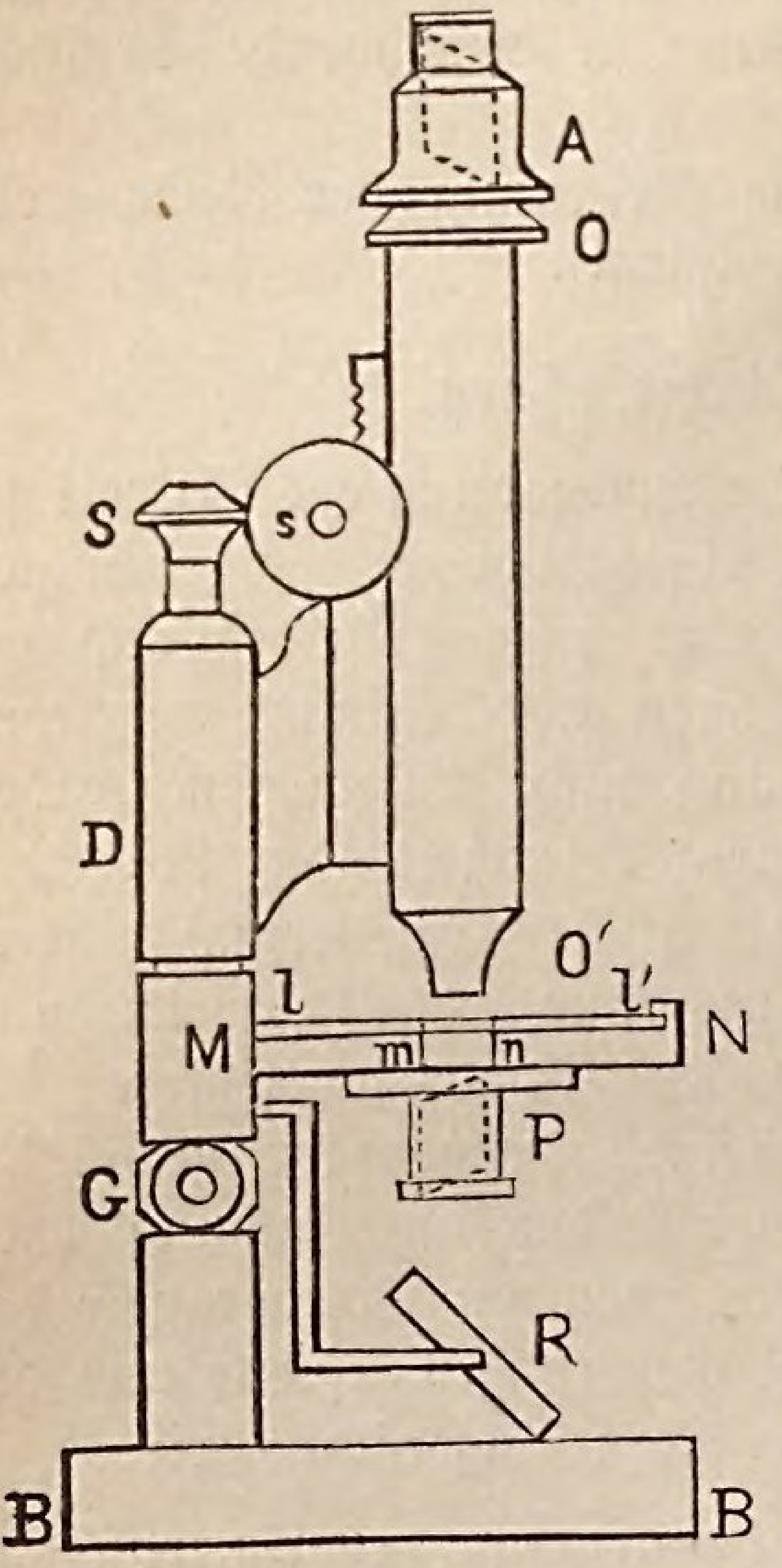


Fig. 1.

24. Polarisationsapparat. Von besonderer Wichtigkeit für petrographische Untersuchungen ist der mit dem Instrumente verbundene Polarisationsapparat. Der Polarisator P ist ein Nicolsches Prisma*), welches in einer Hülse unterhalb der Oeffnung des Tisches um die Axe des Instruments gedreht werden kann. Der Analysator nimmt an verschiedenen Instrumenten

*) Ueber die Theorie eines solchen aus einem durchschnittenen und mit Canadabalsam verkitteten Kalkspathrhomboëder bestehenden Prismas sind die entsprechenden Lehren der Physik zu vergleichen.

eine verschiedene Stelle ein; entweder kann er im Tubus zwischen Objektiv und Okular (Chevalier) eingesetzt oder zwischen Auge und Okular aufgesetzt werden (Talbot). Da man sehr oft zwischen Beobachtung im gewöhnlichen und polarisierten Licht zu wechseln hat, so ist erstere Einrichtung, obwohl sie vor der letzteren ein größeres Gesichtsfeld voraus hat, etwas unbequem, da zur Entfernung des Analysators das Objektivlinsensystem ab- und dann wieder aufgeschraubt werden muß. In unserem Falle befindet sich das analysierende Nicol A in einer Fassung, welche auf den Tubus aufgesetzt werden kann. Die Fassung trägt an ihrer Basis eine Kreisteilung, um mit Hülfe einer am Tubus angebrachten Marke den Drehungswinkel des Analysators ablesen zu können.

25. **Gebrauch des Mikroskops.** Bezüglich des Gebrauches können hier nur einige Winke gegeben werden. Will man im gewöhnlichen Lichte beobachten, so entfernt man zuerst die beiden Nicols. Für jede Untersuchung ist anzuraten, sich zuerst schwacher Vergrößerungen (bis 60) zu bedienen, da sie eine Uebersicht und Eigentümlichkeiten zu sehen gestatten, welche bei stärkerer Vergrößerung nicht mehr in die Augen fallen. Zur Beleuchtung ist direktes Sonnenlicht zu vermeiden; am besten eignen sich weiße von der Sonne beleuchtete Wolken, deren Licht durch den Beleuchtungsspiegel auf das Präparat gelenkt wird. Bei schwacher Vergrößerung wendet man den Planspiegel an, bei stärkerer leistet der Hohlspiegel bessere Dienste. Auch künstliche Beleuchtung mit weißem, durch ein Milchglas gedämpftem Petroleum- oder Gaslicht kann zur mikroskopischen Untersuchung angewendet werden.

Besonders muß sich der Anfänger vor Täuschungen hüten. Dieselben rühren teils von Verunreinigungen des Präparates (Staub, Fäden, Luftblasen 2c.) her, welche anfangs leicht als zum Gestein gehörig angesehen werden, teils sind es Lichtreflexe und sogenannte Beugungserscheinungen, welche durch Spiegel (besonders bei starker Beleuchtung mit dem Hohlspiegel) und Präparatengläser hervorgerufen werden. Andere Täuschungen besonders über Größe und Umrandung eines Objektes treten bei unrichtiger Einstellung auf. Uebrigens wird man nach kurzer, fleißiger Uebung leicht Wahrheit und Schein unterscheiden können.

26. **Gang der mikroskopischen Untersuchung.** Begreiflicherweise kann ein Gestein nicht ohne weiteres der Untersuchung mit

dem Mikroskop unterworfen werden. Manchen Aufschluß bietet übrigens die Untersuchung angeschliffener Flächen im auffallenden Lichte; von größerem Werte ist die Untersuchung des Gesteinspulvers unter dem Mikroskope, besonders wenn die einzelnen Mineralien vorher durch Schlemmen auf einer schiefen Glastafel möglichst getrennt wurden. Man erhält auf diesem Wege auch eine annähernde Uebersicht über das Quantitätsverhältnis der Gemengteile. Vollkommen im unklaren bleibt man aber bei dieser Art der Untersuchung über die Ausbildungsweise, gegenseitige Lage und meist auch über die Strukturverhältnisse der gesteinsbildenden Mineralien. Um daher alle diese Verhältnisse bequem übersehen zu können, ist es jetzt allgemein üblich vom Gesteine Dünnschliffe anzufertigen und dieselben im durchfallenden Lichte zu beobachten.

27. **Dünnschliffe.** Zur Anfertigung eines Dünnschliffes schneidet man entweder mit Hülfe einer Maschine aus einem größeren, frischen und von Sprüngen möglichst freien Stücke eine passende Platte aus oder man schlägt beim Mangel einer derartigen Vorrichtung mit dem Hammer ein geeignetes Stück ab und schleift an dasselbe, sei es nun mit Hülfe einer Maschine oder mit freier Hand, auf einer Eisenplatte eine ebene Fläche an. Das Schleifen geschieht in der Regel mit Smirgel und Wasser oder Oel. Ist die Fläche eben genug, so wird sie auf einer Glasplatte mit feinem Smirgelpulver geglättet und schließlich ohne letzteres möglichst glatt poliert. Mit dieser Fläche wird nun das Stückchen vermittelst erwärmten Canadabalsams auf ein Glasplättchen festgekittet und nun eine zweite Fläche parallel der ersten in derselben Weise angeschliffen. Ist der Schliff dünn genug (man soll durch ihn nach dem Befeuchten lesen können), so wird er nach Erwärmung des Canadabalsams vorsichtig abgelöst, auf ein reines Präparatenglas übergeschoben und mit einem Deckgläschen bedeckt. Der gehörig gereinigte und etiquettierte Schliff wird nun unter dem Mikroskope untersucht.

Häufig wird der Schliff vor dem Festkitten und Uebertragen noch auf Kalbsleder fein poliert, um ihn von den feinen Rissen des Smirgelpulvers vollständig zu befreien. — Daß Schliffe, welche einer mikrochemischen Untersuchung unterworfen werden sollen, nicht mit einem Deckgläschen bedeckt werden dürfen, ist selbstverständlich.

III. Mikrophysiographie der wichtigsten gesteinbildenden Mineralien.

a) Allgemeines.

28. **Uebersicht.** Die Mehrzahl der petrographisch wichtigen Mineralien ist unter dem Mikroskope leicht erkennbar und durch in die Augen springende Merkmale charakterisiert. Wo dies nicht der Fall ist, wie bei gewissen opaken Mineralien (Magnetit, Chromit, Titaneisen) oder bei solchen, deren Krystallform, optische Eigenschaften und Mikrostruktur sehr ähnlich ist (Apatit, Nephelin), da führt meist ein einfacher mikrochemischer Versuch zum Ziele, wie dies bei den betreffenden Gemengteilen angeführt werden soll. Als Unterscheidungsmerkmale werden teils morphologische Eigenschaften, teils physikalische (optische) und chemische verwendet.

1. Morphologische Eigenschaften.

29. **Krystallumrisse.** Ist das Mineral als Krystall im Gestein vorhanden, so zeigt es im Dünnschliff einen mehr oder minder charakteristischen Umriß als Projektion der Krystallflächen auf die Schnittebene. Derselbe kann selbstverständlich für dieselbe Krystallform je nach der Lage, in welcher der Schliff den Krystall getroffen, sehr verschieden sein. Von größerem Werte sind natürlich Schnitte parallel oder nahe parallel den Axenebenen. Mit Rücksicht jedoch auf den Umstand, daß Krystallformen ganz verschiedener Systeme auf die Ebene projiziert gleiche oder ähnliche Umrisse geben, wären die morphologischen Eigenschaften für sich allein von ganz untergeordneter Bedeutung für die Erkennung eines Minerals. Viel höher steigt ihr Wert, wenn man sie in Verbindung mit den optischen Eigenschaften bringt, wie dies später gezeigt werden soll.

In solchen Fällen, wo man über die Lage des Schnittes annähernde Sicherheit besitzt, kann zuweilen eine Winkelmessung wünschenswert sein.

30. **Winkelmessung.** Besitzt der Objekttisch des Mikroskops eine in Grade geteilte, drehbare, gut zentrierte Scheibe und das Okular ein Fadenkreuz, so gelingt dieselbe mit annähernder Genauigkeit durch Drehen der Scheibe samt dem Präparate um die Axe des

Tubus. Vorher wird der Schliff so lange im Gesichtsfelde verschoben, bis der fragliche Winkel mit seinem Scheitel genau mit der Durchkreuzung des Fadenkreuzes und ein Schenkel mit einem Arm desselben zusammenfällt. Nun notiert man sich die Stellung der Scheibe an einem fixen Nonius und dreht so lange, bis der andere Schenkel in die Lage des ersten gerückt ist; der Drehungswinkel kann dann am Nonius abgelesen werden.

Bei genauen Messungen bedient man sich anderer (z. B. auf Doppelbrechung gegründeter) Methoden, deren Beschreibung über den Rahmen dieses Büchleins hinaus reichen würde. —

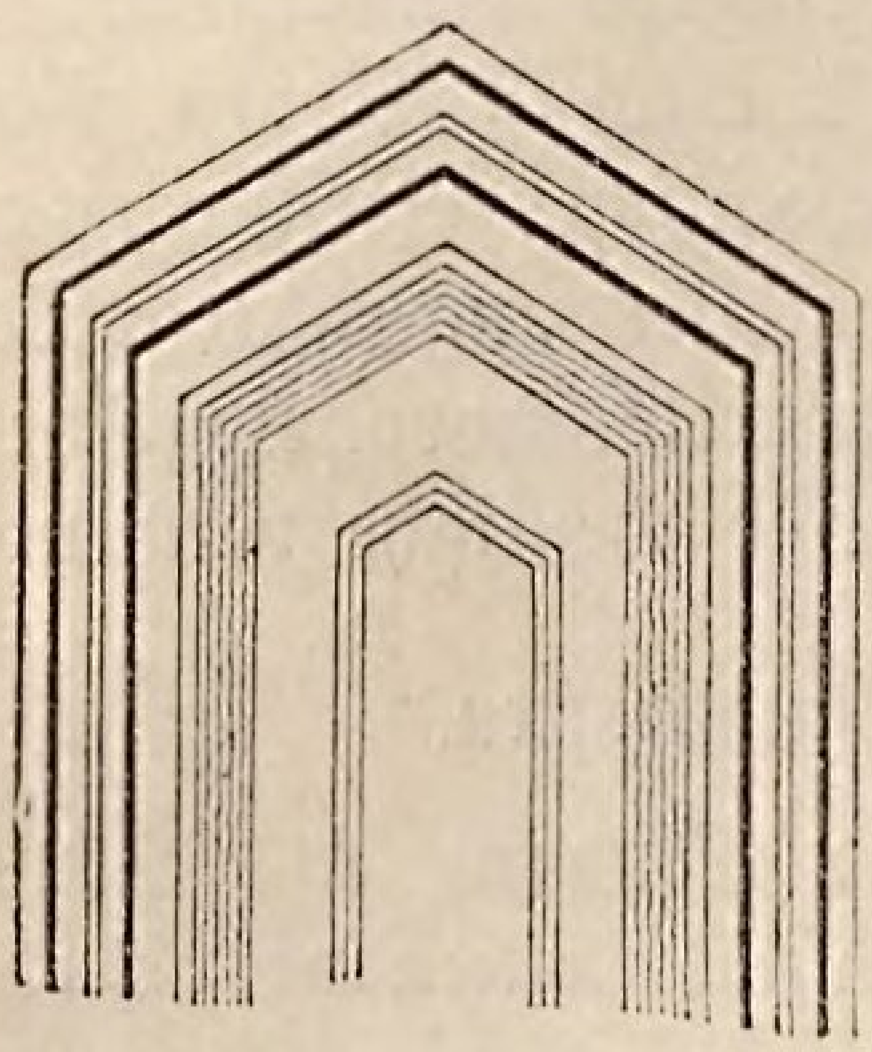


Fig. 2.

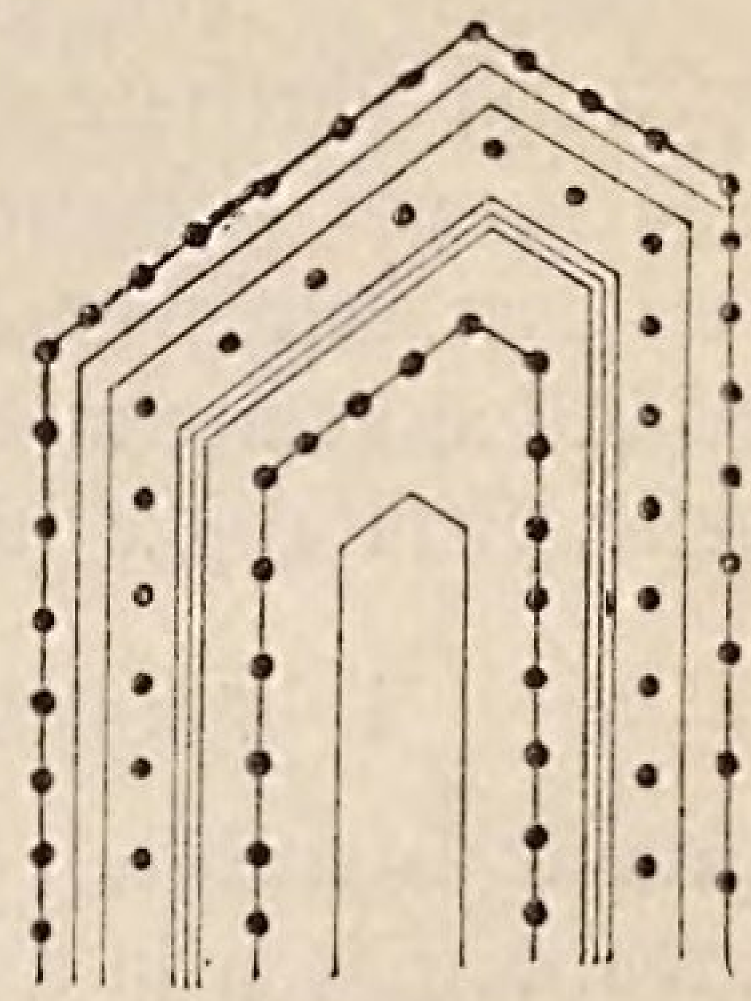


Fig. 3.

Zur Messung der Größe mikroskopischer Objekte benützt man gewöhnlich ein sogenanntes Glasmikrometer, d. h. einen auf Glas eingeritzten Maßstab, welcher mit dem Okular in der Weise in Verbindung gebracht wird, daß die Teilstriche zugleich mit dem Objekte gesehen werden. Natürlich muß das Verhältnis der Teile desselben zu einem bekannten Maße angegeben sein. Als mikroskopische Einheit wählt man das Mikromillimeter (Mmm) auch Mikrometer genannt; 1 Mmm = 0.001 mm.

31. Zonarstruktur. Wie man bei makroskopischen Krystallen ein intermittierendes Wachstum an ihrem Aufbau aus Schichten erkennen kann, so beobachtet man diese Erscheinung besonders häufig an mikroskopischen Individuen. Der Durchschnitt eines solchen Krystalles zeigt dann um einen größeren oder kleineren Kern mitunter eine große Zahl von parallel verlaufenden Zonen, die entweder gleichgefärbt sind (z. B. bei Feldspathen, Leucit u. dgl.) oder verschiedene Farbennuancen zeigen, wie dies besonders schön an Augiten, Hornblenden, Granat &c. zu beobachten ist (vergl.

Fig. 2, S. 20). Oft sind dann die Begrenzungsflächen der Schichten von Einlagerungen fremder Substanzen in Form von Körnchen und Nädelchen begleitet (Fig. 3, S. 20). Seltener ist die Erscheinung, daß der zentrale Teil andere Umrisse zeigt, als die umgebenden Zonen (Fig. 4).

32. **Krystallkörner.** Sehr häufig erscheinen die Gemengteile eines Gesteins nicht in ausgebildeten Krystallen, sondern in sogenannten Körnern, d. h. in Individuen von unregelmäßiger im allgemeinen rundlicher Begrenzung. Dabei zeigen manche Mineralspezies bei ihrem Auftreten eine gewisse Konstanz in der Art, daß die einen häufiger als Körner, die anderen dagegen öfter in wohl entwickelten Krystallindividuen vorkommen, was in vielen Fällen wohl mit der Erstarrungsfolge der Gemengteile im Zusammenhange steht; denn es ist begreiflich, daß ein Mineral, dessen Schmelzpunkt so hoch liegt,

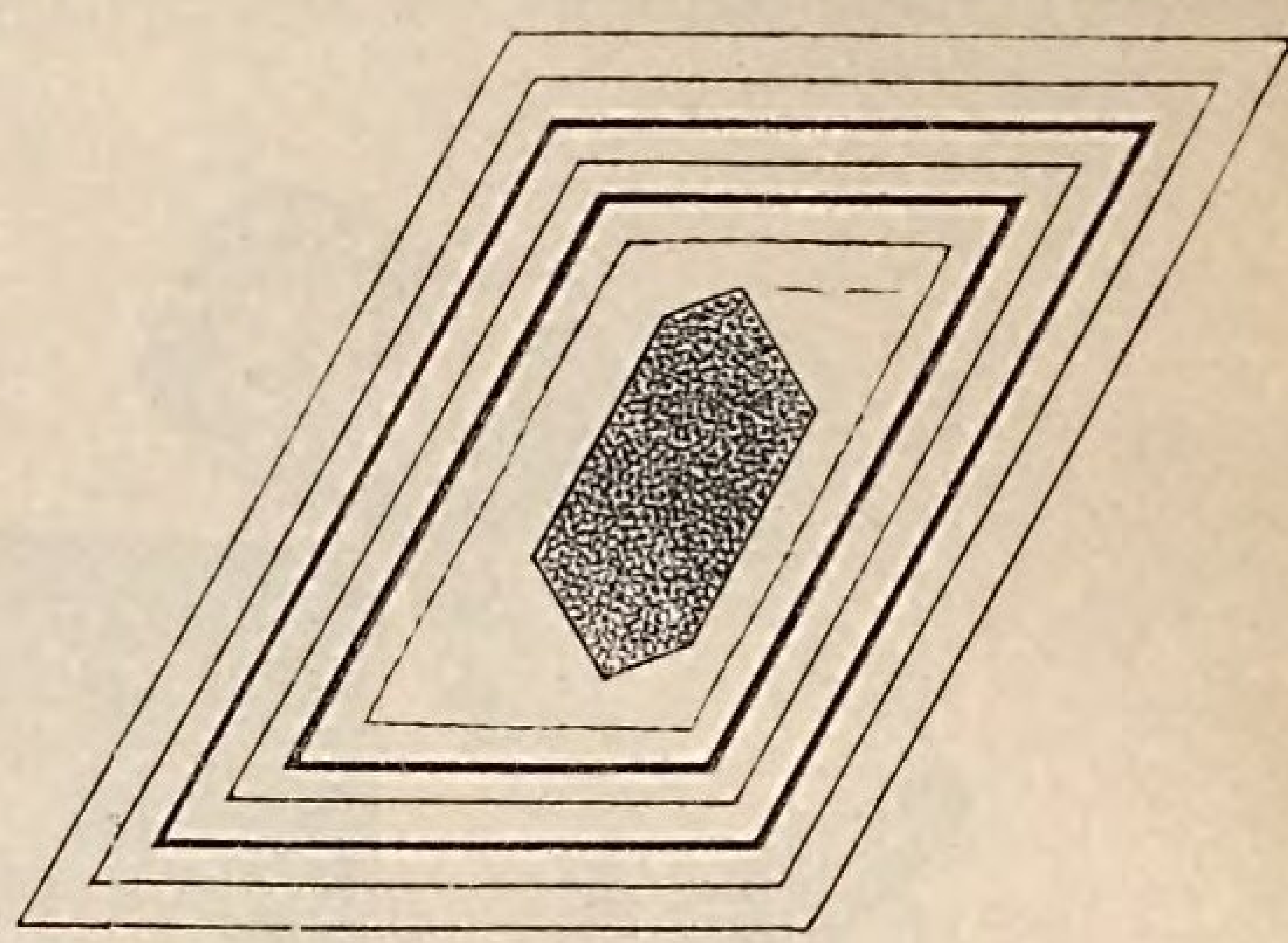


Fig. 4.

daß es schon erstarrte, während die übrige Masse noch flüssig war, sich vollständiger entwickeln konnte, als die anderen, welche später und nahezu gleichzeitig fest wurden und so sich gegenseitig in ihrer Ausbildung hemmten. Doch ist wohl zu beachten, daß nicht immer das schwerer schmelzbare Mineral auch das vollständiger entwickelte ist, wie dies z. B. gerade an den Mineralien Quarz und Augit beobachtet werden kann, von denen ersteres häufig in Körnerform, letzteres dagegen in wohl ausgebildeten Krystallen vorkommt, ein Umstand, der ganz besonders geeignet ist, darauf aufmerksam zu machen, daß die Erstarrungsfolge von Substanzen für sich allein und in Verbindung mit anderen eine verschiedene ist.

33. **Zerbrochene Krystalle.** Einen sichern Beweis dafür, daß gewisse Gesteine sich ursprünglich in einem flüssigen Zustande befunden haben müssen, geben die in gemengten krystallinen Massengesteinen vorkommenden zerbrochenen Krystalle. Feldspathe, Augit, Hornblende und andere Gemengteile findet man häufig

von Sprüngen durchsetzt oder zerbrochen und die Bruchstücke in der Gesteinsmasse zerstreut. Manchmal lassen sich die Teile eines zerbrochenen Individuums zusammenfinden oder man beobachtet z. B. in Form eines größeren Krystalles die Ursache der Zerstörung (vergl. Fig. 5). Als weiterer Beweis für die Bewegung der Masse mag dann noch angeführt werden, daß nicht selten solche Bruchstücke oder auch ganze Krystalle in bunten Haufen zusammengeworfen vorkommen, wie dies sehr oft besonders in jüngeren Eruptivgesteinen (z. B. Trachyten) beobachtet werden kann.

34. Mikroskopische Einschlüsse in Gemengteilen. Verhältnismäßig selten ist es, daß die ein Gestein zusammensetzenden

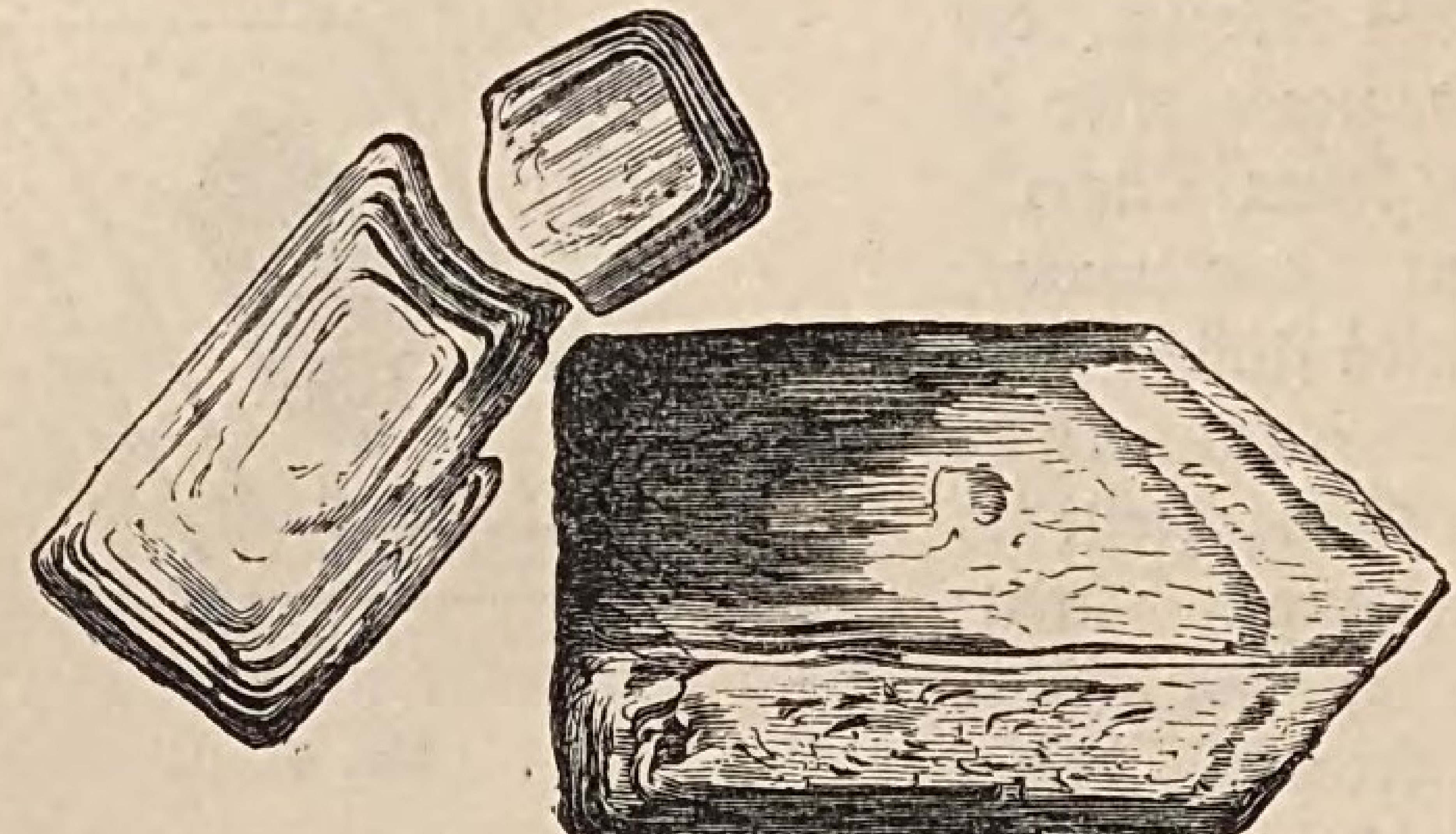


Fig. 5.

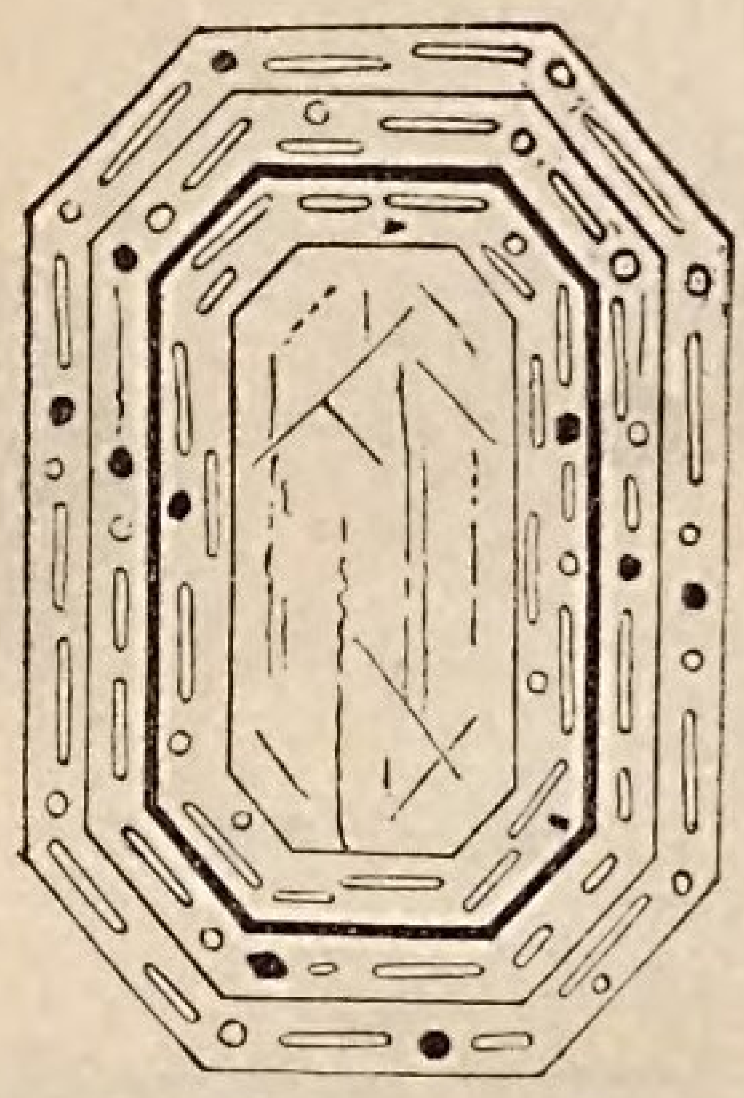
Mineralien eine durchaus homogene Masse unter dem Mikroskope zeigen; viel häufiger finden sich Einschlüsse fremder Körper oder es ist die vollständige Raumerfüllung durch Hohlräume unterbrochen.

35. Mineraleinschlüsse. Wie es von vielen Mineralien schon durch makroskopische Beobachtung bekannt ist, daß sie Krystalle anderer Substanzen eingeschlossen enthalten (z. B. Quarz mit Einschlüssen von Rutil, Chlorit ꝛc.), so sieht man diese Erscheinung noch viel häufiger bei der mikroskopischen Gesteinsuntersuchung. Entweder sind es so kleine Gebilde in Form von Nädelchen, Blättchen, Kügelchen u. dgl., daß weder ihre Krystallform noch ihre Zugehörigkeit ermittelt werden kann, oder es sind größere Kryställchen bekannter Mineralien. Dabei sind diese

Interpositionen meist regellos zerstreut, gar nicht selten aber auch in sehr zierlicher Anordnung zu treffen. So finden sie sich in Augit und Hornblende parallel den Schalen, aus welchen diese Mineralien zuweilen aufgebaut erscheinen, angeordnet (vergl. Fig. 6a), so besonders schön in Leuciten (Fig. 6b), wo sie entweder zentral angehäuft sind oder in konzentrischen Ringen die achtseitigen Durchschnitte dieses Minerals zieren.

Da entweder gewisse Interpositionen oder eine gewisse Anordnung derselben für viele Mineralspezies sehr konstant auftreten, so ist die Wichtigkeit dieser Interpositionen für die Bestimmung der Gemengteile von selbst einleuchtend.

a b



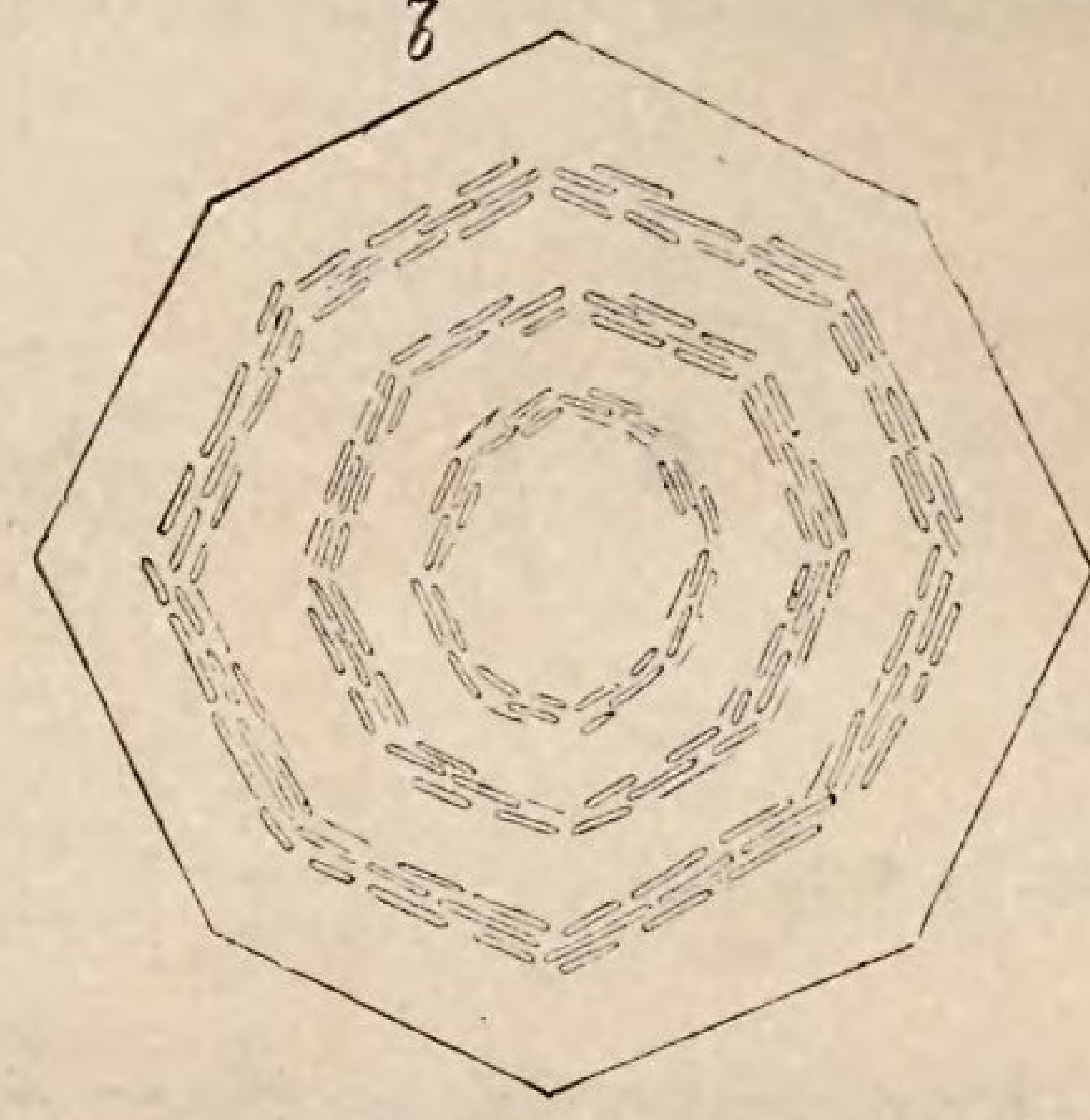


Fig. 6, a u. b.

Auch hier ist, ähnlich wie oben angeführt wurde, der Schluß, daß schwerer schmelzbare Mineralien sich als Einschluß in leichter schmelzbaren befinden müssen, durch die Erfahrung nicht bestätigt worden. So findet man nicht nur den allerdings schwer schmelzbaren Apatit allgemein als mikroskopischen Einschluß, sondern auch umgekehrt den leicht schmelzbaren Augit in dem unschmelzbaren Leucit eingewachsen.

36. Glaseinschlüsse. Eine scheinbar unbedeutende, durch ihre Beziehung zur Gesteinsgenesis aber ungemein wichtig gewordene Erscheinung ist das Auftreten von amorphen Glaspartikelchen innerhalb der Mineralien eines Gesteins. Man findet nämlich in den Gemengteilen vieler Massengesteine oft eine große Zahl eingeschlossener, meist winziger Körperchen, welche sich bei genauer Beobachtung als einer amorphen Glasmasse angehörig

erweisen. Sie finden sich sowohl in Mineralien solcher Gesteine, welche neben den individualisierten Ausscheidungen amorphe Glasmasse zeigen, als auch dort, wo diese fehlt. Ist vorhandene Glasmasse als der nicht individualisierte Rest des ursprünglichen feuerflüssigen Magmas ein sicherer Beweis für die pyrogene Natur eines Gesteins, so muß dies natürlich auch von den eingeschlossenen Glaspartikelchen gelten.

Ihre Gestalt ist in der Regel rundlich, manchmal länglich, seltener ausgezackt, noch seltener zeigen sie polygonalen Umriß. Ihre Farbe ist sehr verschieden, neben farblosen trifft man häufig schwach grünlich, gelblich oder rötlich gefärbte. Ist neben den ausgeschiedenen Mineralien noch Glasmasse im Gestein vorhanden, so stimmt die Farbe der Einschlüsse mit der Farbe dieser überein.

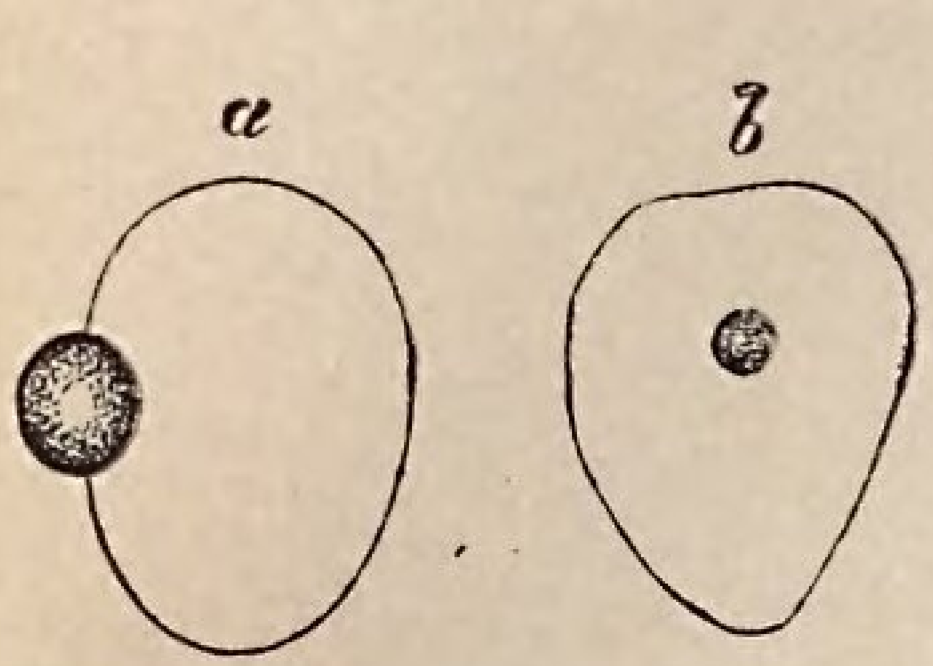


Fig. 7, a u. b.

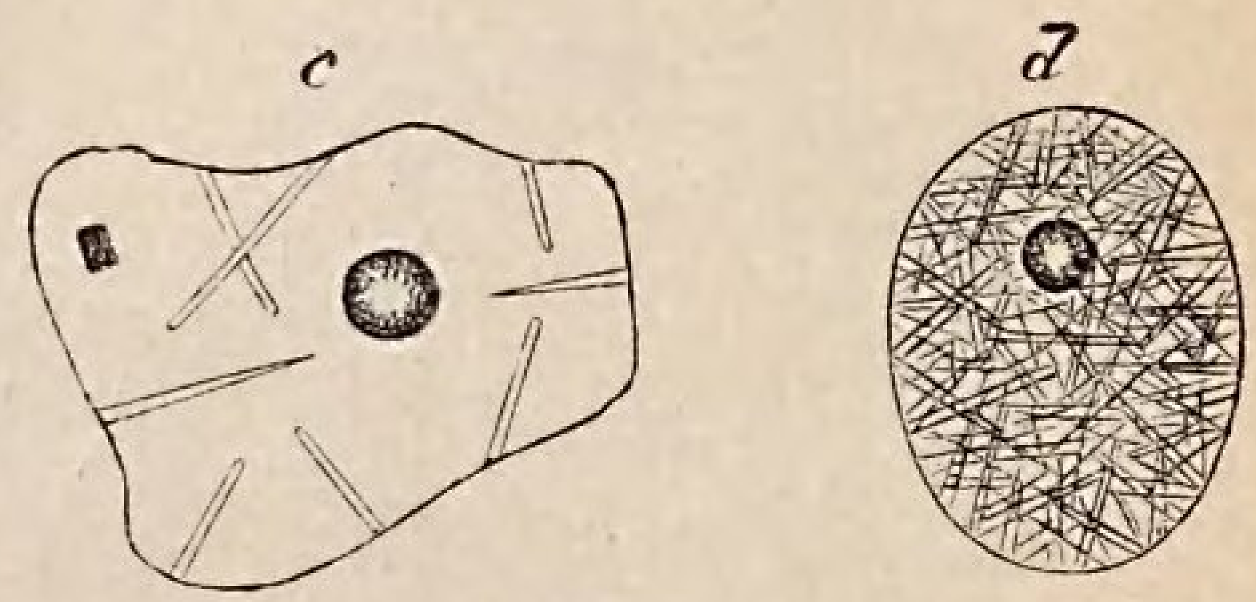


Fig. 8, c u. d.

In der Regel findet sich in ihnen ein, seltener mehrere Bläschen eingeschlossen; manchmal haftet das Bläschen dem Glaseinschlusse von außen an (vergl. Fig. 7, a u. b). Dieser Umstand hat ganz besonders zur Meinung geführt, daß aufsteigende Glasblasen Teilchen der geschmolzenen Masse mitgerissen und so ihre Einschließung in dem sich bildenden Krystalle veranlaßt hätten. Nicht immer zeigt der Glaseinschluß eine reine homogene Substanz, manchmal beobachtet man, daß derselbe von feinen Nädelchen, Härchen oder Körnchen von geringer Zahl bis zur vollständigen Verdrängung der amorphen Masse erfüllt ist (Fig. 8, c u. d). Die Erscheinung erklärt sich dadurch, daß wohl erst nach ihrer Einschließung die amorphe Glasmasse sich zu individualisieren begann, weswegen denn auch diese Bildungen Entglasungsprodukte genannt wurden.

Auch hier läßt sich, wie oben bei den Mineraleinschlüssen erwähnt wurde, sehr oft eine sehr regelmäßige Anordnung beobachten, wie dies aus Fig. 9, b u. c S. 25 ersichtlich ist.

37. Flüssigkeitseinschlüsse. Den Glaspartikeln gleichen die sehr oft vorkommenden Flüssigkeitseinschlüsse in manchen Gemengteilen der Gesteine. Sie erreichen selten eine Größe von über

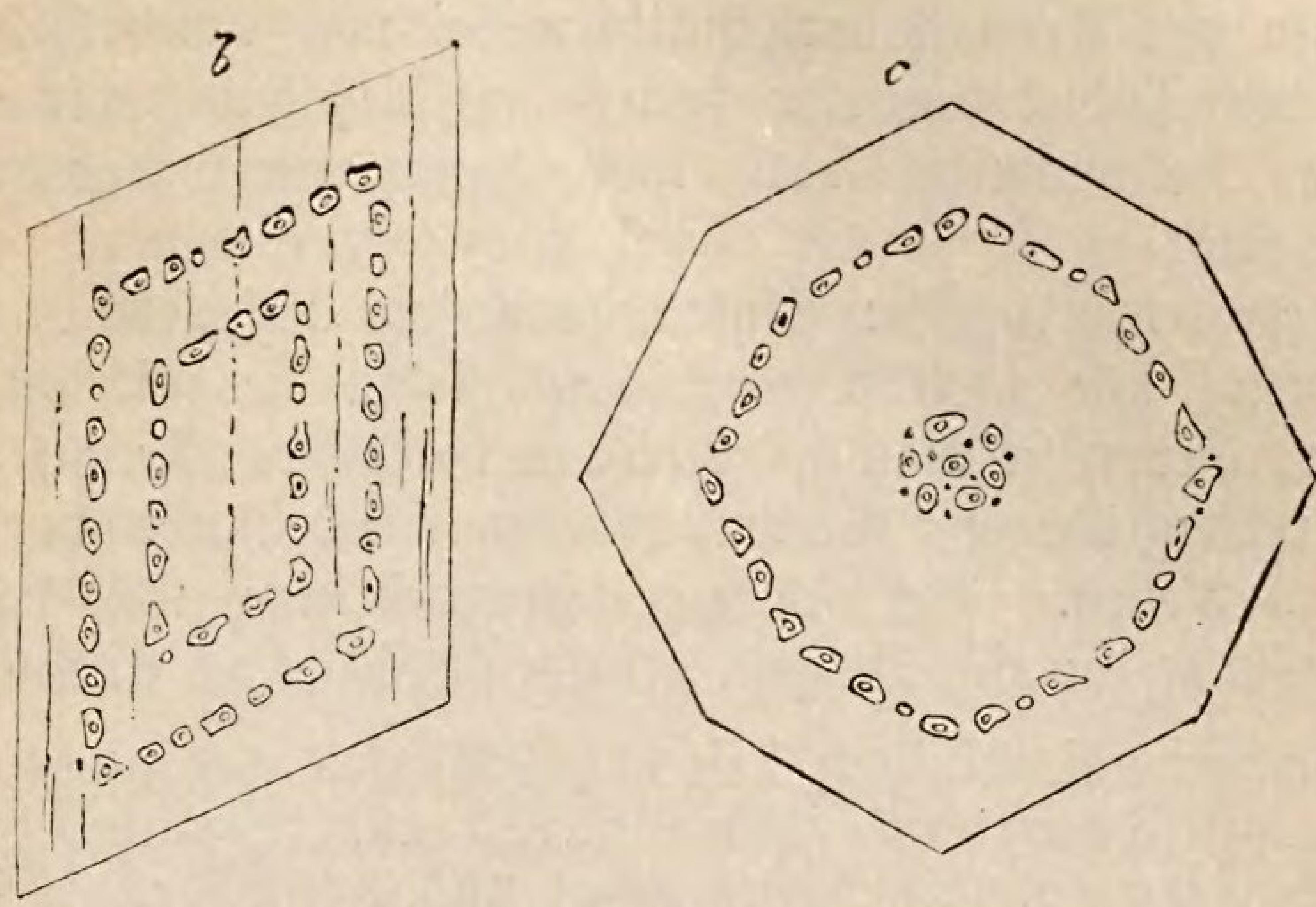


Fig. 9, b u. c.

0.06 mm im größten Durchmesser und zeigen eine sehr mannigfaltige Gestalt, rund, oval, langgezogen, gekrümmt, vielfach ausgezackt u. dgl. (vergl. Fig. 10). Auch polygonale Formen, so z. B. sehr schöne sechsseitige Einschlüsse im Quarz der Porphyre, finden sich zuweilen. Sie besitzen, wie die Glaseinschlüsse, in der Regel ein Bläschen, das gewöhnlich infolge der schwachen Erschütterungen des Mikroskops in lebhafter Bewegung ist, welche durch die Vergrößerung noch gesteigert erscheint. Sorby, der an künstlichen Krystallen sehr wertvolle Beobachtungen in dieser Hinsicht anstellte,

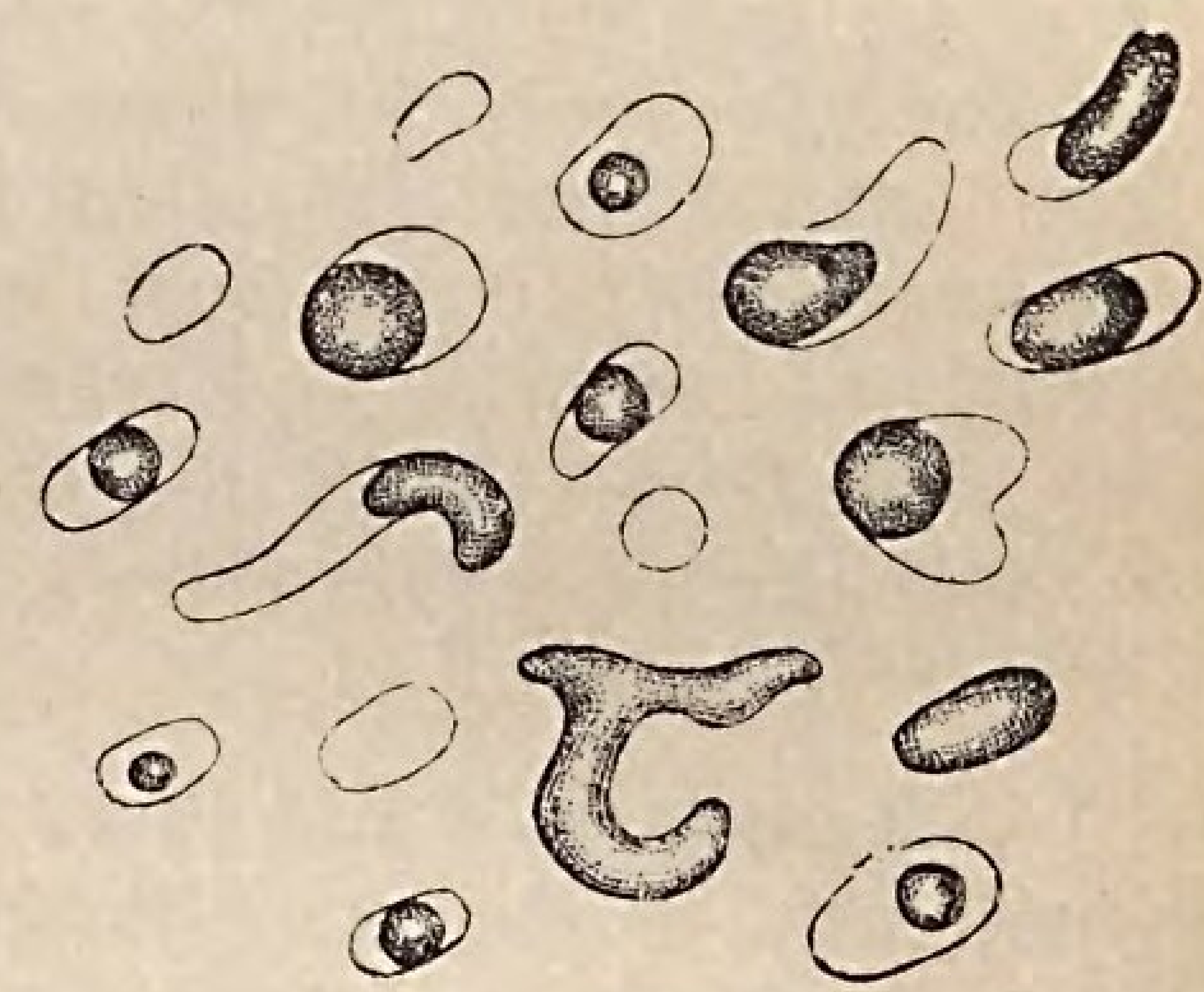


Fig. 10.

glaubte, daß das Bläschen durch Kontraktion des Einschlusses infolge der Abkühlung entstanden sei; in diesem Falle müßte ein konstantes Größenverhältnis zwischen Einschluß und Libelle bestehen, was durch die Erfahrung durchaus nicht immer bestätigt wird.

Bezüglich der Anordnung dieser Einschlüsse in den von ihnen erfüllten Mineralien (z. B. im Quarz der Granite, Porphyre 2c.) müßte ganz ähnliches wiederholt werden, wie bereits bei den Glaseinschlüssen hervorgehoben wurde. Manchmal durchziehen sie in Reihen den Krystalldurchschnitt, wobei man durch Heben und Senken des Tubus bemerken kann, daß dieselben nichts anderes als die Durchschnitte von lagenförmig angeordneten Einschlüssen sind.

Die Zahl der liquiden Einschlüsse ist sehr verschieden. Gewisse Mineralien, wie z. B. Quarz, umschließen sie mit besonderer Vorliebe; hier trifft man sie zuweilen in solcher Menge, daß bei schwacher Vergrößerung die Durchschnitte wie bestäubt oder milchig getrübt aussehen. Bei stärkerer Vergrößerung löst sich dann diese Trübung in eine Unzahl winziger Flüssigkeitseinschlüsse auf.

Nachdem die Ansicht, daß die Flüssigkeit erst nach der Bildung und Festwerdung des Gesteins auf kapillaren Spalten eingedrungen sei, längst aufgegeben und ihre ursprüngliche Entstehung bei der Festwerdung des sie einschließenden Minerals allgemein angenommen ist, leuchtet ein, von welch weittragender Bedeutung ihr Auftreten für die Erklärung der Genesis des betreffenden Gesteins ist.

Zur Ermittelung der chemischen Natur dieser Einschlüsse wurden zahlreiche und höchst wertvolle Beobachtungen und Versuche von verschiedenen Forschern angestellt. Dieselben ergaben, daß die Flüssigkeit zuweilen reines Wasser, in anderen Fällen wässerige Salzlösungen (besonders von Chlornatrium), oft aber auch liquide Kohlensäure sei. Ausführliche Zusammenfassungen über diese höchst interessanten und subtilen Untersuchungen finden sich in Zirkels „Mineralogische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine", S. 51 ff., und Rosenbuschs „Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien", S. 30 ff.

38. **Gasporen.** Sie zeigen einige Aehnlichkeit mit den eben beschriebenen Glas- und Flüssigkeitseinschlüssen. Dieselben erscheinen in Form von kleinen oder auch relativ großen Bläschen von der mannigfaltigsten Gestalt. Sie sind rundlich, oval, in die Länge gezogen und an einem Ende zugespitzt oder auch mannigfach gelappt. In letzterem Falle sind sie oft sehr groß, durchsetzen zuweilen den ganzen Krystall, zeigen manchmal eine rauhe, wie bestäubt aussehende Innenfläche, so daß es schwer zu entscheiden ist, ob sie ursprüngliche, durch eingeschlossene Gase erzeugte Diskon-

tinuitäten der Mineralmasse, oder nicht vielmehr sekundäre Auswitterungshohlräume sind. Zahl und Anordnung ist eben so verschieden, wie die der früher genannten Einschlüsse. Sie sind entweder ganz unregelmäßig verteilt oder in der Mitte des Krystalls angehäuft, öfters auch an die Peripherie gedrängt oder auch in vielfach verzweigten Lagen durch das Mineral verteilt, wo sie dann im Durchschnitt perlschnurartig aneinandergereiht erscheinen.

39. Uebersicht der Unterscheidungsmerkmale. Nicht immer läßt sich sofort auf den ersten Blick bestimmen, ob der vorliegende Einschluß ein Glaspartikel, eine Flüssigkeit oder eine Gaspore sei. Es ist daher von Wert, einige leicht auffindbare Merkmale zusammenzustellen, wie dies in der nebenstehenden Tabelle geschehen ist.

40. Einschlüsse der Grundmasse. Tritt in einem Gesteine den größeren krystallinen Ausscheidungen eine sogenannte „Grundmasse" entgegen, so beobachtet man zuweilen, daß Teile derselben entweder ringsum von einem Krystallindividuum eingeschlossen wurden, oder daß sie buchtenartig in dasselbe hineinragt. Die Gestalt derartiger Einschlüsse ist in der Regel eine vollkommen gesetzlose, selten eine polygonal begrenzte.

	Umrandung des Einschlusses.	Farbe.	Bläschen.	Umrandung des Bläschens.	Zahl der Bläschen.	Verhalten beim Erwärmen.	Sonstiges Verhalten.
Gaseinschluß	schmal dunkel	meist gefärbt	unbeweglich	breit dunkel	eins oder mehrere	das Bläschen ist unveränderlich	das Bläschen hängt zuweilen außen am Einschluß
Flüssigkeitseinschluß	breit dunkel	meist farblos	meist beweglich (oft erst beim Erwärmen)	schmal dunkel	nur eins	das Bläschen wird kleiner	—
Gaspore	sehr breit dunkel	farblos	fehlt	—	—	—	im auffallenden Licht stark glänzend.

41. Mikrolithen. Neben den eben besprochenen Formen mikroskopischer Mineralien finden sich nun auch Gebilde, welche teils wegen ihrer Kleinheit, teils aus Mangel einer erkennbaren Krystallform selten einer Mineralspezies zugesprochen werden

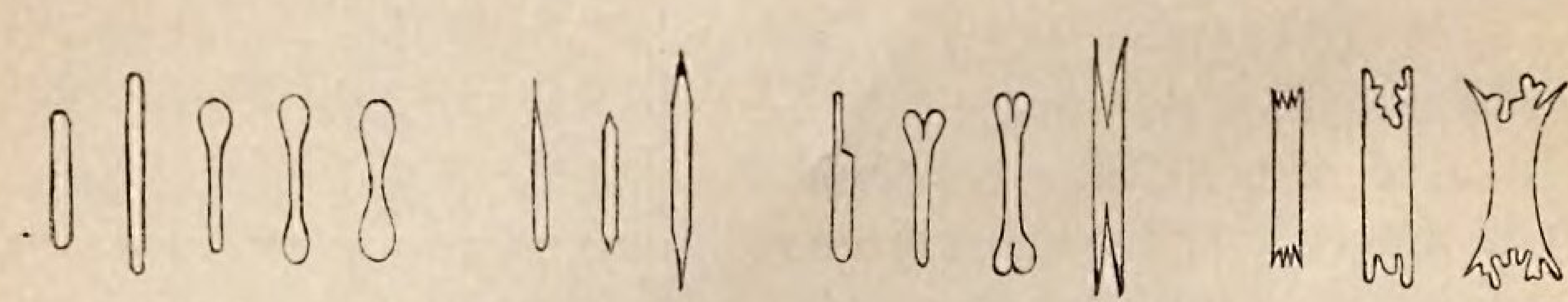


Fig. 11.

können. Es sind dies die sogenannten Mikrolithen, ein Name, der also nicht ein bestimmtes Mineral, sondern nur eine gewisse Ausbildungsweise verschiedener Mineralien bezeichnet. Die Formen, in welchen diese Mikrolithen auftreten, sind höchst mannigfaltig. Häufig sind es gerade, an den Enden abgerundete, zugespitzte oder ausgefranste Nadeln, manchmal auch phantastisch gebogene Schnörkel oder spiralig gewundene Bildungen, von welchen die Figuren 11 und 12 besser als jede Beschreibung eine Vorstellung geben. Die schwarzen, undurchsichtigen, oft gewundenen und haarähnlichen Gestalten werden wohl auch als Trichite, die nadelförmigen, durchsichtigen als Belonite*) bezeichnet.

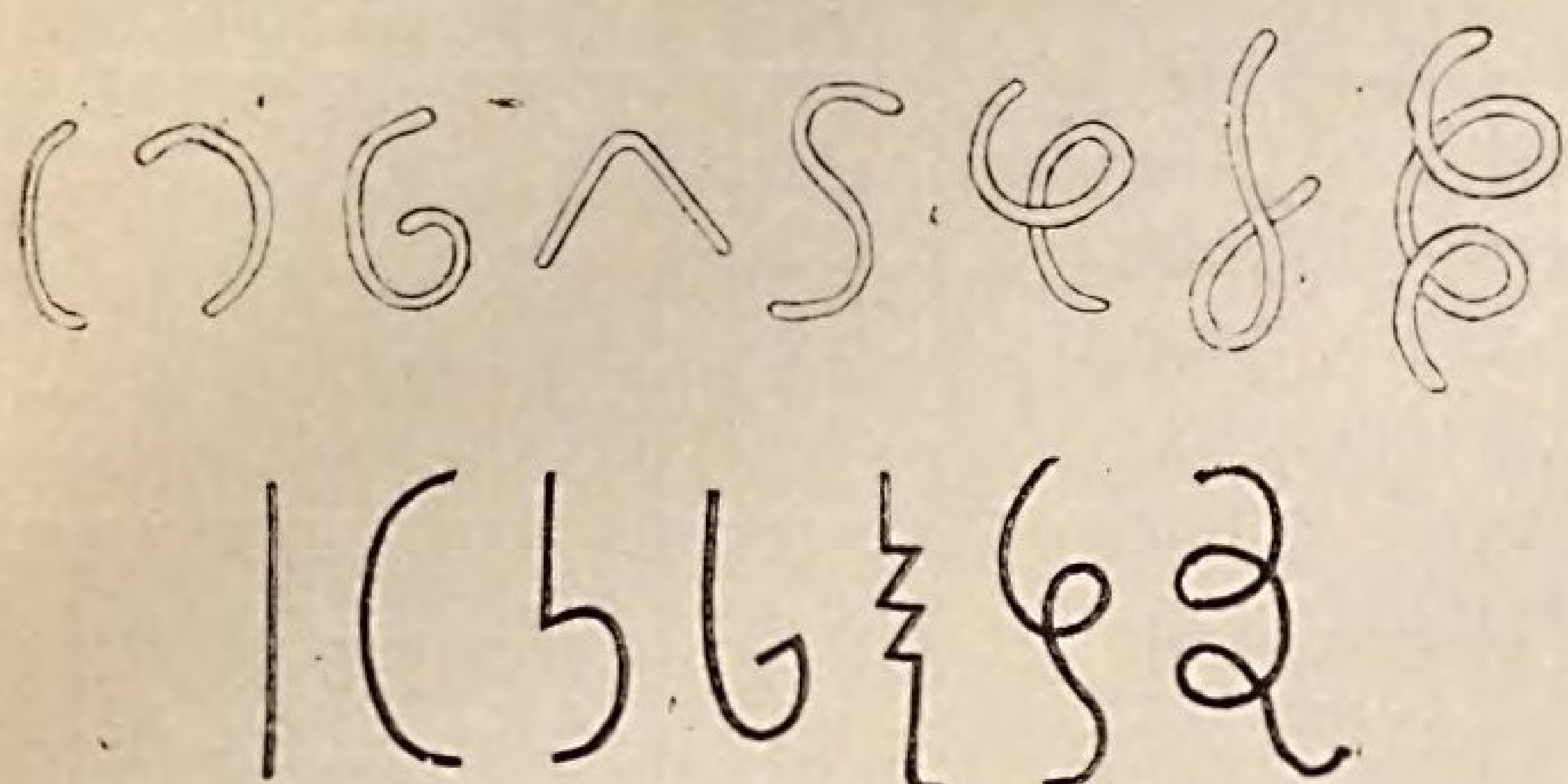


Fig. 12.

42. Ihre Anordnung. Mikrolithen erscheinen sowohl als Einschlüsse in anderen Mineralien, als ganz besonders häufig in der Grundmasse porphyrischer Gesteine und in vulkanischen Gläsern; hier zeigen sie oft eine sehr zierliche Anordnung in Schnüren oder in baum- und sternförmigen Gruppen. Manchmal vereinigen sich solche stabförmige Gebilde in paralleler Stellung selbst

*) Vgl. die folgende Anmerkung.

zur Bildung eines größeren Krystalls mit mehr oder weniger scharfen Umrissen.

Besonders bemerkenswert ist jene Anordnung solcher mikrolithischer Gebilde, welche den Namen Mikrofluidalstruktur führt, in jüngeren Eruptivgesteinen nicht selten angetroffen wird, in besonders ausgebildeter Form aber in vulkanischen Gläsern, z. B. im Obsidian, auftritt und später noch erwähnt werden soll.

43. Krystalliten. In künstlichen Schlacken und vielen natürlichen Gläsern oder auch anderswo findet man zuweilen kugelige oder elliptische Gebilde, welche durchaus ohne Wirkung auf polarisiertes Licht sind. Vogelsang, der dieselben auch künstlich durch Verdunsten einer Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff darstellte und unter dem Mikroskope beobachtete, nennt diese Bildungen Globulite. In rundliche Haufen gruppiert bilden sie die sogenannten Cumulite; ordnen sie sich perlschnurförmig an einander, so entstehen die Margarite; verschmelzen sie zu cylindrischen Körperchen, so nennt man sie Longuliten. Margarite und Longulite werden unter dem Namen Krystallite zusammengefaßt. Der wesentliche Unterschied der Krystallite von den Mikrolithen besteht darin, daß sich dieselben aus noch kenntlichen Globuliten aufbauen und gegen polarisiertes Licht sich unwirksam zeigen. Läßt sich dieser Aufbau aus Globuliten nicht mehr erkennen, zeigen sie bereits einen Einfluß auf polarisiertes Licht, so sind diese von Vogelsang „Krystalloide" genannten Gebilde nicht mehr scharf von den Mikrolithen*) zu unterscheiden.

2. Physikalische (optische) Eigenschaften.

44. Untersuchung im polarisierten Licht. Von besonderer Wichtigkeit für die mikroskopische Gesteinsanalyse ist die Untersuchung im polarisierten Lichte. Die Anwendung desselben ist nicht bloß wegen der dadurch auftretenden Farbenerscheinungen für die Trennung sonst gleichgefärbter, also im gewöhnlichen Lichte oft schwer unterscheidbarer Mineralien bequem, sondern auch zur Erkennung vieler mikroskopischer Mineralien geradezu unerläßlich. Zur Herstellung des polarisierten Lichtes bedient

---

*) Rosenbusch schlägt vor, den früher erwähnten Namen Belonit von solchen kleinen Mineralgebilden zu gebrauchen, welche mit den Mikrolithen die nadelförmige, geschlossene (nicht aus Globuliten zusammengesetzte) Gestalt und mit den Krystalliten die optische Wirkungslosigkeit teilen.

man sich in der Regel der früher beschriebenen Nicols am Mikroskop. Durch das untere Nicol wird nämlich das vom Spiegel des Mikroskops reflektierte Licht polarisiert, d. h. so verändert, daß die Schwingungen, welche bei gewöhnlichem Lichte senkrecht auf die Fortpflanzungsrichtung nach allen Seiten erfolgen, nur mehr in einer Ebene vorsichgehen. Diese Ebene soll im folgenden kurz Polarisations-Ebene*) heißen. Es ist dies zugleich die sogenannte optische Hauptschnittsebene oder kurz der Hauptschnitt des Nicol, d. h. jene Ebene, welche durch den parallel der Axe des Mikroskops in den Nicol eintretenden Strahl und die Hauptaxe des Kalkspathrhomboëders geht. Versinnlichen kann man sich einen solchen Hauptschnitt eines Nicol durch eine Ebene, welche man durch die Hauptaxe des Kalkspathrhomboëders und die kurze Diagonale jener Rhomboëderfläche legt, auf welche der Strahl fällt.

Liegt zwischen den beiden Nicols kein Körper, welcher die Schwingungsebene des einfallenden Lichtes verändert, so ist einleuchtend, daß das Gesichtsfeld des Mikroskops nur dann hell sein kann, wenn die Hauptschnitte beider Nicols parallel, dunkel dagegen, wenn sie rechtwinkelig gekreuzt sind, weil im letzteren Falle das vom untern Nicol kommende Licht durch den obern nicht hindurchgehen kann.

45. Einfach- und doppeltbrechende Mineralien. Wie aus jeder Mineralogie zu ersehen ist, zerfallen sämtliche Mineralien in optischer Hinsicht in einfach- und doppeltbrechende, d. h. in solche, welche das auffallende Licht (bei schiefer Incidenz auf eine Fläche) nur von seiner Richtung ablenken, ohne es zu polarisieren (isotrope Substanzen), und andere, welche neben der Ablenkung den einfallenden Strahl in zwei senkrecht zu einander polarisierte, mit verschiedener Geschwindigkeit sich fortpflanzende Strahlen zerlegen (anisotrope Körper). Zu den ersteren gehören die amorphen und die im tesseralen System krystallisierenden Mineralien, zu den letzteren alle übrigen.

Wird zwischen +Nicols ein durchsichtiges Plättchen eines isotropen Minerals gebracht, so bleibt selbstverständlich, da das eintretende Licht dadurch nicht verändert wird, das Gesichtsfeld dunkel, es wird dagegen im allemeinen hell, wenn ein Plättchen eines anisotropen Minerals eingeschoben wird. Durch ein

*) Nach Neumann.

solches wird nämlich der vom Polarisator kommende Strahl in zwei senkrecht zu einander polarisierte zerlegt, von denen je eine Komponente durch den Analysator durchgehen kann. Die Intensität dieses durchgelassenen Lichtes hängt von der Lage der Schwingungsebenen in der Krystallplatte gegenüber den Hauptschnitten der Nicols ab. Sie ist am größten, wenn die Schwingungsebenen im Krystall mit den Nicolhauptschnitten einen Winkel von 45° bilden, am kleinsten, d. h. = 0, wenn diese Schwingungsrichtungen mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen. Nur für diese Lage der Platte bleibt das Gesichtsfeld dunkel, gerade so, als ob die Platte einem isotropen Minerale angehörte. Damit ist also ein sehr einfaches Mittel gegeben, isotrope und anisotrope Mineralien im polarisierten Lichte zu unterscheiden.

46. Interferenzfarben. Mit der Doppelbrechung treten immer, wenn die Krystallplättchen nicht zu dick sind, gewisse Farbenerscheinungen auf, welche bei verschiedenen Mineralien verschieden lebhaft, bei manchen, z. B. bei Quarz, sehr brillant sind. Da nämlich die beiden im doppeltbrechenden Minerale entstehenden Strahlen durch den Analysator auf eine Schwingungsebene zurückgeführt werden, so kommt es dort natürlich zu einer Interferenz derselben, welche, wenn sich beide Strahlen mit derselben Phase (nach derselben Seite hin schwingend) begegnen, eine Förderung, wenn mit entgegengesetzter, eine Hemmung oder eine vollständige Vernichtung zur Folge hat. Der Grund dafür, daß sich die Strahlen mit so verschiedenen Phasen begegnen können, liegt in der verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit beider senkrecht zu einander polarisierter Strahlen, woraus zugleich ersichtlich ist, daß das Zusammentreffen verschiedener Schwingungsphasen, deren Unterschied die sogenannte Phasendifferenz ist, von dem Wege, welchen beide Strahlen gemacht haben, also von der Dicke der Krystallplatte, abhängt. Genauere Betrachtungen lehren nun, daß eine vollständige Vernichtung dann eintritt, wenn die Krystallplatte gerade $1/2$, $3/2$, $5/2$ ..... Wellenlängen Gangunterschiede hervorgebracht hat. Da nun weißes Licht aus mehreren Farben, d. h. aus Licht von verschiedener Wellenlänge besteht, so ist ersichtlich, daß eine doppeltbrechende Krystallplatte zwischen den Nicols farbig erscheinen muß, da ihre Dicke nur für die Auslöschung einer bestimmten Farbe geeignet ist, und bekannt ist, daß, wenn man aus dem Farbenspektrum des weißen Lichts eine Farbe

wegnimmt, die übrigen zusammen nicht mehr weiß, sondern die Komplementärfarbe zur ausgelöschten geben.

Gleiche Mineralien können also bei verschiedener Dicke verschiedene, ungleiche Mineralien dieselben Interferenzfarben zeigen. Dasselbe Mineral kann, wenn es an verschiedenen Stellen ungleiche Dicke hat, mehrere Farben zeigen (Quarz mit farbigen Rändern).

47. Bestimmung des Krystallsystems. Lassen sich einfach brechende Körper (amorphe und tesseral krystallisierende) durch ihre Wirkungslosigkeit zwischen den Nicols erkennen, so fragt es sich, ob die polarisierende Wirkung der doppeltbrechenden zur Erkennung des Krystallsystems mittels eines Mikroskops mit Polarisation verwendet werden kann. In der That ist diese Erkennung unter Benutzung eines solchen Instrumentes dann mit voller Sicherheit möglich, wenn die vorliegenden Durchschnitte auf eine Krystallform zurückgeführt werden können, weil einerseits ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen den Schwingungsrichtungen der beiden polarisierten Strahlen und der Krystallform herrscht, andererseits diese Schwingungsrichtungen, wie oben erwähnt, an der eintretenden Dunkelheit des Gesichtsfeldes, wenn die Krystallplatte zwischen + Nicols gedreht wird, bestimmt werden können. Der Zusammenhang zwischen Schwingungsrichtungen und Krystallform soll im folgenden dargelegt werden, wobei zur Vereinfachung der Erklärung stets vorausgesetzt wird, daß die Strahlen den Krystall senkrecht zu einer Symmetrieebene durchsetzen.

48. Optisch einaxige Mineralien. Mineralien des tetragonalen und hexagonalen Systems, in welchen also eine veränderliche Hauptaxe gleichwertigen, auf dieser senkrecht stehenden Nebenaxen gegenübersteht, zeigen optisch die Eigenthümlichkeit daß Strahlen, welche parallel der Hauptaxe den Krystall durchsetzen, nicht doppelt gebrochen werden; für alle anderen Strahlen findet Doppeltbrechung statt und zwar in gleichem Grade bei allen Strahlen, welche rings um die Hauptaxe mit dieser gleiche Winkel einschließen. Wegen dieser einen Richtung ohne Doppeltbrechung werden die Mineralien dieser Systeme optisch einaxig genannt. Die Schwingungen der beiden polarisierten Strahlen finden in Ebenen statt, welche parallel und senkrecht zur Hauptaxe sind.

49. Optisch zweiaxige Mineralien. Bei den Systemen ohne krystallographische Hauptaxe lehrt eine genauere Betrachtung, daß es in ihnen zwei Richtungen ohne Doppelbrechung giebt. Diese beiden Richtungen heißen optische Axen und die Mineralien dieser Systeme optisch zweiaxig. Die optischen Axen liegen (für eine bestimmte Farbe) in einer Ebene, der optischen Axenebene, und schneiden sich in einem für jedes Mineral ziemlich konstanten Winkel, dem optischen Axenwinkel. Die Halbierungslinie des spitzen Axenwinkels heißt Bisectrix, die Senkrechte auf der Axenebene die optische Normale.

Im rhombischen Systeme fällt die Axenebene mit einer der drei Hauptsymmetrieebenen, die Bisectrix und optische Normale mit je einer Krystallaxe zusammen. Im monoklinen Systeme liegen die optischen Axen entweder in der Symmetrieebene oder in einer darauf senkrechten Ebene. Im ersteren Falle liegt die Bisectrix in der Symmetrieebene, im letzteren ebenfalls in ihr oder sie ist parallel der Normalen auf die Symmetrieebene. Im triklinen System endlich zeigt sich keine einfache Beziehung zwischen den optischen und den Krystall-Axen.

Durchschnitte durch Mineralien dieser Systeme können also nur dann bei einer vollen Horizontaldrehung dunkel bleiben, wenn der Schnitt senkrecht auf eine optische Axe geführt worden, alle anderen Schnitte werden zwischen + Nicols in zwei auf einander senkrecht stehenden Stellungen dunkel.

50. Amorphe und tesserale Mineralien. Amorphe Mineralien sind im Dünnschliff teils am Mangel einer Krystallform, teils an ihrer Wirkungslosigkeit zwischen den Nicols zu erkennen. Zeigen tesserale Mineralien keine Krystallform, so sind sie, wenn nicht andere Kennzeichen vorhanden sind, von amorphen nicht zu unterscheiden. Kommen sie aber in Krystallen vor, so unterscheidet sie dies von den amorphen, ihr isotropes Verhalten aber von den Mineralien der übrigen Systeme. Eine Verwechselung mit tetragonalen und hexagonalen Mineralien wäre nur dann möglich, wenn von den letzteren beiden nur Durchschnitte senkrecht zur Hauptaxe vorlägen, die, wie schon oben bemerkt, ebenfalls keine Doppelbrechung zeigen. Es ist jedoch nicht wahrscheinlich, daß sich von tetragonalen oder hexagonalen Krystallen neben jenen Schnitten nicht auch andere

zur Hauptaxe geneigte also doppeltbrechende Durchschnitte finden sollten, deren Zugehörigkeit zu den ersteren durch andere Merkmale meist leicht erkannt werden kann.

51. Unterscheidung der tetragonalen und hexagonalen Mineralien. Nach dem vorhergehenden lassen sich zwischen + Nicols die optisch einaxigen Krystalle, also die des tetragonalen und hexagonalen Systems, dadurch von den optisch zweiaxigen unterscheiden, daß ein Teil der Durchschnitte, die sich meist als mehr oder weniger regelmäßige Polygone darstellen, bei einer vollen Horizontaldrehung dunkel bleiben, während andere, in der Regel mehr in die Länge gestreckte Durchschnitte desselben Minerals nur dann dunkel werden, wenn die Nicolhauptschnitte der Hauptaxe und einer darauf senkrechten parallel sind. Unter einander unterscheidet man sie nun dadurch, daß die stets dunkel bleibenden Querschnitte mit quadratischem oder auf die 4-Zahl zurückführbarem Umriß dem tetragonalen, die sechsseitigen oder auf die 6-Zahl zurückführbaren Querschnitte dem hexagonalen Systeme zuzuzählen sind.

52. Unterscheidung der optisch zweiaxigen Mineralien. Zur Unterscheidung der rhombischen, mono- und triklinen Mineralien mögen folgende Winke genügen. Die Durchschnitte rhombischer Mineralien parallel den Symmetrieebenen werden zwischen + Nicols immer dann dunkel, wenn eine Krystallaxe, resp. eine dazu parallele Kante einem Nicolhauptschnitte parallel ist. Die monoklinen Mineralien zeigen dieses Verhalten nur dann, wenn der Schnitt die Symmetrieebene mehr oder weniger senkrecht getroffen hat; in Schliffen dagegen, welche der Symmetrieebene parallel oder nahezu parallel sind, stellt sich die Dunkelheit ein, wenn die Krystallaxen, die in der Symmetrieebene liegen und von denen wenigstens die Vertikalaxe ihrer Richtung nach aus den Projektionen der Prismen oder des Orthopinakoids auf die Schliffebene bestimmt werden kann, mit den Nicolhauptschnitten gewisse Winkel einschließen. Der Winkel, den die vertikale Axe des Krystalls bei eintretender Dunkelheit mit einem Nicolhauptschnitte bildet, ist die sogenannte Auslöschungsschiefe*).

---

*) Solcher Winkel giebt es natürlich zwei sich zu 90° ergänzende, jenachdem der Winkel der Vertikalaxe mit dem obern oder untern Nicolhauptschnitt gemeint ist; als Winkel der Auslöschungsschiefe bezeichnet man immer den kleineren.

In triklinen Mineralien fallen die Auslöschungsrichtungen nie mit einer Krystallaxe zusammen. Uebrigens findet die Unterscheidung der mono- und triklinen Mineralien auf diesem Wege in der Praxis selten Anwendung, da die häufig vorkommenden triklinen Plagioklase anderweitig sehr scharf charakterisiert sind, außer diesen aber nur wenige trikline Mineralien als Gesteinsgemengteile auftreten *).

53. Pleochroismus. Von besonderer Wichtigkeit für die Unterscheidung mancher sonst ähnlicher Mineralien ist eine unter dem Namen Dichroismus (richtiger Pleochroismus) bekannte Erscheinung. Es zeigen nämlich gewisse anisotrope farbige Mineralien, jenachdem man das Licht durch verschiedene Flächenpaare gehen läßt, eine verschiedene Farbe oder Farbennuancierung. Ausgezeichnete Beispiele hierfür sind der Dichroit und Turmalin. Die Erklärung dieser Erscheinung ist kurz folgende. Entsteht die Eigenfarbe eines durchsichtigen farbigen (nicht gefärbten!) Minerals überhaupt durch Absorption der einen oder anderen Farbe des eindringenden, weißen Lichtes, so ist die verschiedene Farbe des in verschiedenen Richtungen durch den Krystall gegangenen Lichtes dadurch bedingt, daß in anderen Richtungen auch andere Farben absorbiert werden, da die Elastizität im Krystall nicht nach allen Richtungen gleich ist. Bei Beobachtung im gewöhnlichen Lichte muß man, wie oben bemerkt, die Strahlen durch verschiedene Flächenpaare gehen lassen, da nur dadurch die Schwingungen in Richtungen verschiedener Elastizität erfolgen können. Hat man dagegen polarisiertes Licht, d. h. in einer Ebene schwingendes Licht, so genügt es offenbar, um denselben Zweck zu erreichen, diese Ebene zu drehen.

Um daher ein Mineral im Dünnschliff auf seinen Dichroismus zu prüfen, merke man sich die Farbe, welche es nach Wegnahme des Analysators unter dem Mikroskope zeigt, und drehe sodann den Polarisator um 90° (oder auch bei festem Polarisator den Schliff in der Horizontalebene). Die Lichtschwingungen erfolgen nun in einer Richtung, deren Elastizität am meisten von der der ursprünglichen Schwingungsrichtung abweicht; es muß daher,

*) Ausführlichere Belehrung über diese sehr wichtigen aber oft etwas komplizierten optischen Verhältnisse bietet dem Anfänger Groths „Physikalische Krystallographie". Leipzig 1876.

wenn das Mineral überhaupt dichroitisch ist, in dieser zweiten Stellung die Farbe am meisten von der zuerst beobachteten differieren.

3. Chemische Eigenschaften.

54. Mikrochemie. In manchen Fällen reichen die optischen Eigenschaften in Verbindung mit den morphologischen nicht aus, um die Natur eines Gemengteiles mit Sicherheit festzustellen. So z. B. bei undurchsichtigen Körpern ohne bestimmte Krystallform (Magnetit, Chromit, Hämatit), oder wenn Mineralien in ihren morphologischen und optischen Eigenschaften sehr ähnlich sind (Nephelin, Apatit). Hier leisten chemische Reaktionen mitunter ausgezeichnete Dienste. Besonders sind es die Löslichkeitsverhältnisse, welche gut verwertet werden können. Zum Zwecke einer chemischen Probe wird der unbedeckte Schliff unter dem Mikroskope mit Reagentien, welche mit Hülfe einer feinen Pipette aufgetragen werden, behandelt*). Löslichkeitsverhältnisse, Entwicklung von Gasen, gelatinierende Niederschläge u. dergl. lassen sich so sehr bequem beobachten; die Lösungen können auch mit der Pipette entfernt, in ein Uhrschälchen gebracht und dort weiter geprüft werden. Oder man untersucht das feine Gesteinspulver, welches passend in Canadabalsam eingerührt wird, unter dem Mikroskope; eine andere Portion des Pulvers wird mit Säuren behandelt, gewaschen, getrocknet und in gleicher Weise untersucht. Der Vergleich beider lehrt die löslichen Bestandteile kennen.

55. Mikroskopische Umwandlungsvorgänge. Von besonderem Werte ist die mikroskopische Untersuchung für die Verfolgung chemischer Umwandlungsvorgänge in den Gesteinen. Was sich makroskopisch erst nach weitem Umsichgreifen, oft erst nach vollständiger Zerstörung der ursprünglichen Masse offenbart, läßt sich mit Hülfe des Mikroskops in allen seinen Zwischenstadien beobachten, ein Umstand, der mit Rücksicht auf seine geologische Bedeutung täglich wichtiger wird. Als Beispiele solcher Umwandlungen mögen hier erwähnt werden die Veränderung des Feldspaths zu Kaolin, welcher als mehlartige trübe Masse ent-

*) Dabei empfiehlt sich die Vorsicht, das Objektiv des Mikroskops mit einem dünnen Glasplättchen gegen die Einwirkung etwa sich entwickelnder ätzender Gase zu schützen.

weder vollständig an Stelle des ursprünglichen Minerals getreten ist, oder dasselbe in begrenzten Flecken erfüllt, ferner die Uebergänge von Magneteisen in braunen Eisenocker, die Zersetzung des Olivin zu Serpentin und noch viele andere.

b) Mikroskopische Beschreibung der wichtigsten Gemengteile.

Im Folgenden sind die wichtigsten als Gesteinsgemengteile vorkommenden Mineralien in der Ordnung, wie sie in den Elementen der Mineralogie von Naumann-Zirkel aufgezählt sind, mikroskopisch charakterisiert.

I. Klasse: Elemente.

56. Von den Elementen tritt etwa mit Ausnahme von **Schwefel** III, der in manchen Gesteinen accessorisch sich findet, keines als gesteinsbildender Gemengteil auf.

II. Klasse: Schwefel- (und ähnliche) Verbindungen.

57. Auch von den Mineralien dieser Klasse findet sich nur **Pyrit** I in manchen krystallinen Gesteinen eingesprengt. Im durchfallenden Lichte ist er undurchsichtig, schwarz, ähnlich dem Magnetit, von dem er aber im auffallenden Lichte leicht durch seine messinggelbe Farbe unterschieden werden kann.

III. Klasse: Oxyde.

58. Eisenglanz (Hämatit) VI. Erscheint in opaken, sechsseitigen oder schmal leistenförmigen Durchschnitten, manchmal in unregelmäßigen Fetzen und Körnern und kann dann von Magnetit durch das Mikroskop allein nicht unterschieden werden. Er ist in Salzsäure nur schwierig löslich.

Als eigene Gebirgsart tritt er im Itabirit auf. Sonst findet er sich in Graniten, Gneiß, im Porphyrit und anderen Eruptivgesteinen.

Die Varietät Eisenglimmer wird in kleinen Blättchen gelb oder chochenillerot durchscheinend und findet sich in Quarzporphyren, Andesiten und Trachyten.

59. Titaneisenerz (Ilmenit) VI. Gleicht vollständig dem vorigen und kann meist nur durch den Nachweis des Titan davon unterschieden werden.

60. Quarz VI. Er gehört zu den häufigsten Gemengteilen der Gesteine und tritt in denselben teils in undeutlich hexagonal umgrenzten Krystallen, teils in Körnern und derben Massen auf. In ersterer Form häufig in Felsitporphyren, Quarztrachyten, Pechsteinen, in letzterer in Granit und Gneiß. Wasserhell, selten getrübt oder durch Pigmente gefärbt; er zeigt nie Spaltungsrichtungen, wohl aber zuweilen unregelmäßige Sprünge, und ist stets ohne Spur von Zersetzung. Zwischen den Nicols leuchtet er in den lebhaftesten Farben, wobei bemerkenswert ist, daß oft ein im gewöhnlichen Lichte einfach aussehendes Individuum aus mehreren Körnern, welche die verschiedensten Farben und häufig einen anders gefärbten Saum zeigen, zusammengesetzt erscheint. Zu beachten ist auch, daß infolge der Zirkularpolarisation, die dem Quarze eigen ist, die Schnitte senkrecht zu c zwischen + Nicols in keiner Stellung vollkommen dunkel werden. Bei Schnitten parallel der Hauptaxe tritt natürlich Dunkelheit ein, wenn ein Nicolhauptschnitt parallel, der andere senkrecht zu dieser steht. Liquide Einschlüsse mit Bläschen (flüssige Kohlensäure, Wasser, Salzlösungen) enthalten besonders zahlreich die Quarze der Granite und krystallinen Schiefergesteine, seltener sind Glaseinschlüsse. Diese fehlen den Quarzen des Granits und Syenits vollständig, lassen sich dagegen in den Porphyren bereits beobachten und treten in den Quarzen der Trachyte am häufigsten auf. Für die liquiden Einschlüsse gilt die umgekehrte Reihenfolge. — Außer diesen finden sich lange spießige Mikrolithen und manchmal Teile der Grundmasse (bei Porphyren und Trachyten) eingeschlossen.

Sein Vorkommen wurde bereits oben erwähnt.

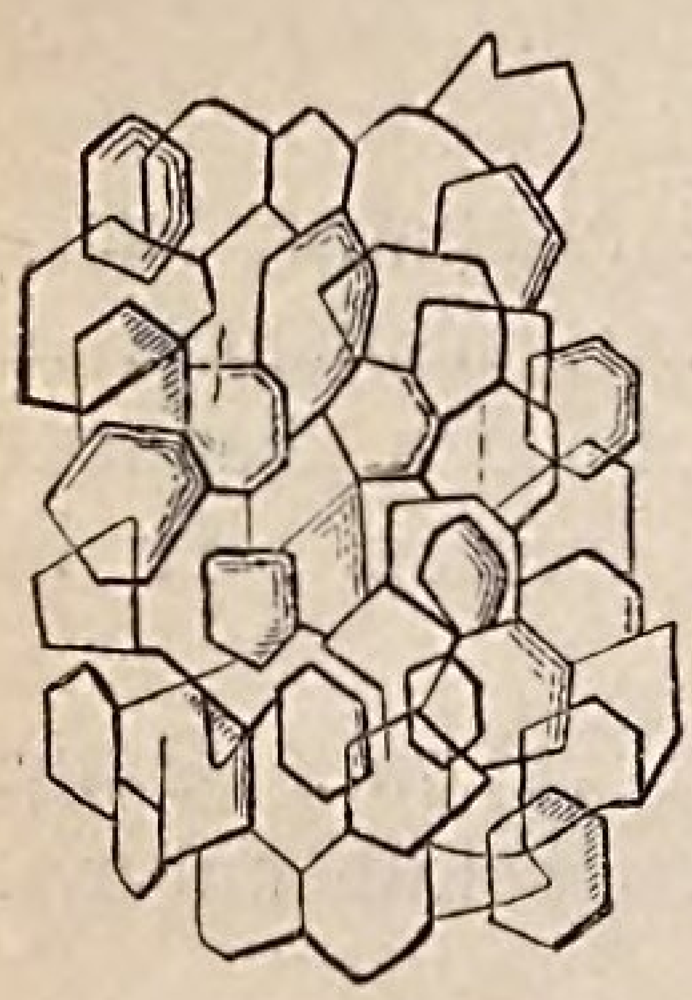


Fig. 13.

61. Tridymit VI (?). Dieses erst in neuerer Zeit und vorherrschend in jüngeren Eruptivgesteinen nachgewiesene Mineral erscheint in dünnen hexagonalen Blättchen, welche zu sehr charakteristischen, d a c h z i e g e l f ö r m i g s i c h d e c k e n d e n A g g r e g a t e n vereinigt sind (vergl. Fig. 13) und mikroskopische Hohlräume ausfüllen. Er ist stets farblos und wirkt auf polarisiertes Licht nicht oder nur ganz schwach.

Er findet sich in Trachyten, Andesiten und wurde in neuerer Zeit auch in Porphyriten entdeckt.

62. **Opal** kommt in manchen Trachyten und Andesiten als sekundäres Infiltrationsprodukt in schmutzig grünlichen oder milchweißen Massen vor, die natürlich keine Polarisationserscheinungen zeigen. Er enthält häufig Quarz, Tridymit, Hämatit 2c. eingeschlossen.

63. **Magnetit** I. Ist einer der häufigsten wesentlichen und accessorischen Gemengteile der Eruptivgesteine. Man findet ihn in Form von schwarzen, undurchsichtigen, im auffallenden Lichte blauschwarz glänzenden Körnern oder Krystallen von quadratischem oder rhombischem Durchschnitt. Häufig sind die Individuen zu Zwillingen verwachsen oder ihrer viele in langen Schnüren vereint oder selbst zu zierlichen Gruppen (Fig. 14 a—f) verbunden. In

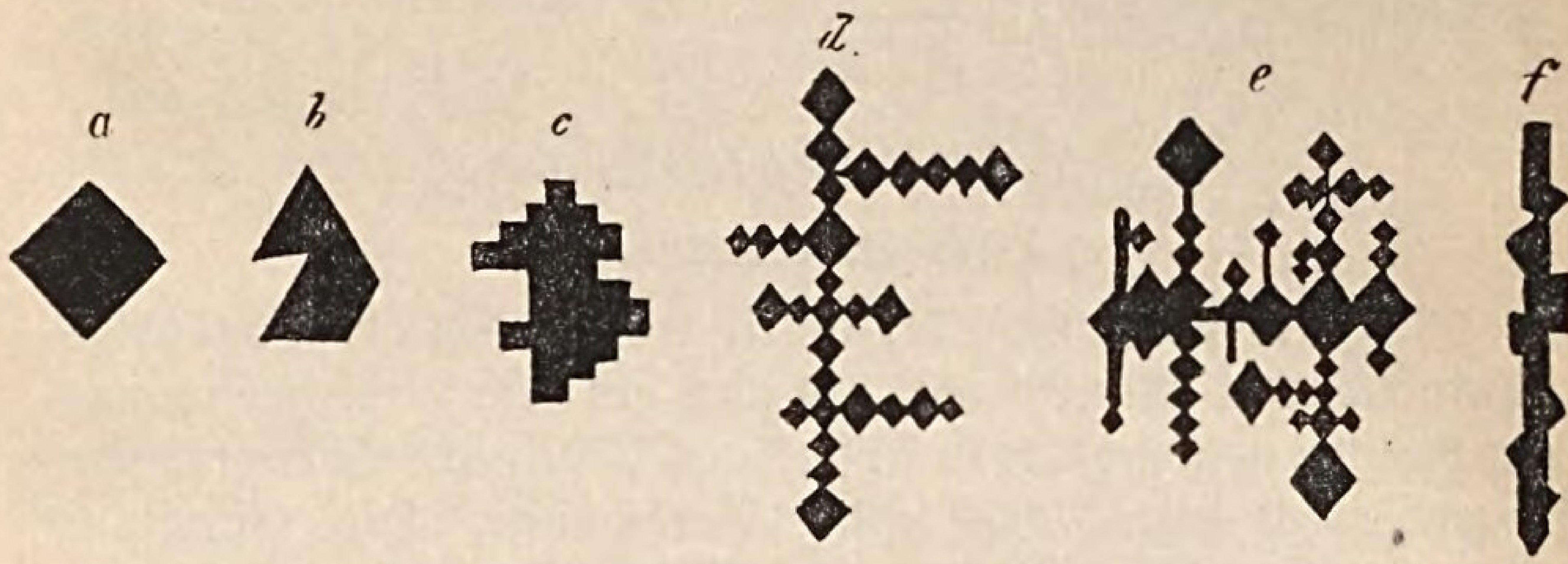


Fig. 14.

Körnerform findet er sich oft als Umrandung (vergl. Fig. 18 auf S. 50) von Augit- und Hornblende- oder Glimmerkrystallen, welche, wie es scheint, zuweilen vollständig von ihm verdrängt wurden, so daß nur mehr ein Aggregat von Magnetitkörnern übrig bleibt, welches die Umrisse des ursprünglichen Krystalls zeigt. Durch den Einfluß des Wassers geht der Magnetit in Eisenoxydhydrat über, welches ihn als rotbrauner, undurchsichtiger, verwaschener Hof umgiebt.

Zur Unterscheidung von Titaneisen, Eisenglanz und Chromit benützt man seine Löslichkeit in Salzsäure.

64. **Chromit** I. Gleicht vollständig dem Magnetit und kann von diesem nur auf chemischem Wege durch seine Schwerlöslichkeit in Salzsäure unterschieden werden.

Häufig im Serpentin.

Sehr oft findet sich in Gesteinen amorphes Eisenoxyd oder -oxydhydrat, welches in unbestimmt begrenzten, braunroten oder

gelblichen Partikeln vorkommt und seiner Natur nach nicht genau bestimmt ist. Solche Bildungen werden wohl auch als „Ferrit“ zusammengefaßt, während alle opaken, schwarzen Körnchen und Schüppchen, welche nicht sicher als Magnetit, Chromit, Titaneisenerz oder ein anderes Mineral erkannt werden können, mit dem Namen „Opacit“ bezeichnet werden.

IV. Klasse: Haloidsalze.

65. Aus dieser Klasse ist nur das **Kochsalz** I als gesteinbildendes Mineral zu nennen. Mikroskopisch wurde es nur wegen seiner interessanten Flüssigkeitseinschlüsse untersucht. Als Gemengteil anderer Gesteine tritt es nicht auf, wenn man von jenen winzigen Kochsalzwürfeln absieht, welche sich zuweilen ausgeschieden in Flüssigkeitseinschlüssen finden.

V. Klasse: Sauerstoffsalze.

a) Carbonate und Phosphate.

66. Kalkspath VI. Der Calcit tritt sowohl als selbständiges gesteinbildendes Mineral auf, als auch als sekundäres Zersetzungs- und Infiltrationsprodukt in krystallinen Gesteinen. Mikroskopisches Interesse hat nur dieses letztere Vorkommen. Hier erscheint er selten in deutlichen Krystallen, meist in abgerundeten Körnern, in der Regel als Ausfüllung kapillarer Spalten oder anderer Hohlräume (Mandeln). Er ist farblos, stark doppeltbrechend ohne besonders hervortretende Interferenzfarben; die Körner sind in der Regel von schiefen Spalten, entsprechend der rhomboëdrischen Spaltbarkeit, durchzogen. Zwischen den Nicols beobachtet man meist eine polysynthetische Zwillingsbildung, welche sich durch parallele helle und dunkle Streifen kennzeichnet (vergl. Fig. 25 auf S. 77). Wo der Calcit in sehr feiner Verteilung im Gestein vorkommt, ist er durch das Mikroskop meist nicht nachzuweisen; in diesem Falle erkennt man ihn leicht an dem nach dem Befeuchten des Dünnschliffes mit Salzsäure entstehenden Brausen.

67. Apatit VI. Kommt in langen dünnen Nadeln meist von sehr geringer Größe und gewöhnlich als Einschluß in anderen Mineralien vor. Die Durchschnitte parallel c sind lange, manchmal quergegliederte Rechtecke, die senkrecht zu c Hexagone, gewöhnlich mit scharfen Konturen. Er ist farblos, grell weiß oder schwach

gelblich; an größeren Individuen beobachtet man zuweilen eine eigentümliche staubartige Trübung, welche von winzigen Einschlüssen herrührt. Besonders in dieser letzteren Form ist er schwer von Nephelin, welcher dieselben Durchschnitte und ähnliche Mikrostruktur zeigt, zu unterscheiden. Doch dient der Mangel an Absorption des Lichtes beim Drehen des Polarisators bei Nephelin, welche der Apatit in sehr merklicher Weise aufweist, zur Erkennung. Zur sicheren Unterscheidung benützt man ihr chemisches Verhalten. Apatit löst sich in Säuren, Nephelin gelatiniert und wird trüb. Zum Nachweis der Phosphorsäure versetzt man die salpetersaure Lösung des Apatits mit einer Lösung des molybdänsauren Ammon in Salpetersäure im Ueberschuß, wobei sich bei Gegenwart von Phosphorsäure ein gelber körniger Niederschlag abscheidet.

Der Apatit findet sich fast in allen krystallinischen gemengten Gesteinen, jedoch meist in untergeordneter Menge.

b) Silicate.

1. Andalusitgruppe.

68. **Andalusit** III. Durchschnitte nahe quadratisch, rhombisch, wenn der Schnitt die Hauptaxe schief getroffen hat, oder rechteckig; grau, grün, rot, selten gut durchsichtig meist trüb infolge faseriger Struktur. Zwischen den Nicols zeigt er Interferenzfarben. Einschlüsse sind selten.

In den krystallinischen Schiefern.

Der Chiastolit zeichnet sich von dem vorigen durch seine regelmäßig angeordneten Kohlenteilchen aus.

69. **Disthen** V. Kommt accessorisch in krystallinischen Schiefern und in langleistenförmigen, schiefrhombischen oder rundlichen Durchschnitten vor. Die sehr vollkommne Spaltbarkeit nach Prisma und Basis erkennt man an nach der Hauptaxe parallelen und zu ihr nahezu senkrechten Rissen. Farblos, selten bläulich, durchsichtig, lebhafte Interferenzfarben, meist ohne Einschlüsse.

70. **Staurolith** III. Zeigt im Durchschnitte rechteckige, rhombische oder auch sechseckige Formen; manchmal findet man ihn auch in stengeligen, undeutlich entwickelten Individuen. Seine Farbe ist gelb oder braun; häufig zeigt er Zwillinge, welche, wenn sie sich rechtwinklig kreuzen, am besten ohne Analysator

durch Drehen des Polarisators (bei Untersuchung auf den Dichroismus) erkannt werden können. Er ist an Einschlüssen, besonders von Quarz, und grünen bis schwarzen Zersetzungsprodukten reich. Säuren greifen ihn nicht an.

Er findet sich accessorisch in Gneißen, Glimmer- und Thonschiefern.

2. Turmalingruppe.

71. Turmalin VI. Erscheint selten in scharf begrenzten Krystallen, meist in Nadeln und büscheligen Aggregaten. Die Durchschnitte sind leistenförmig oder polygonal, erstere oft gebogen und gegliedert. Seine Farben sind grün, braun bis schwarz; er zeigt lebhaften Dichroismus in den leistenförmigen Durchschnitten und starke Absorption, so daß diese fast schwarz erscheinen, wenn ihre Längsaxe senkrecht auf der kurzen Diagonale des Polarisators steht. An Einschlüssen ist er sehr arm.

Sein Vorkommen beschränkt sich auf Granit und Chloritschiefer und den Turmalinfels.

3. Epidotgruppe.

72. Epidot IV. In stengeligen und faserigen undeutlich begrenzten Individuen in paralleler oder radialer Anordnung, manchmal mit Längsstreifung. Seine Farbe ist grün bis braun, sein Dichroismus stark.

Er findet sich accessorisch in eruptiven Gesteinen und den krystallinen Schiefern.

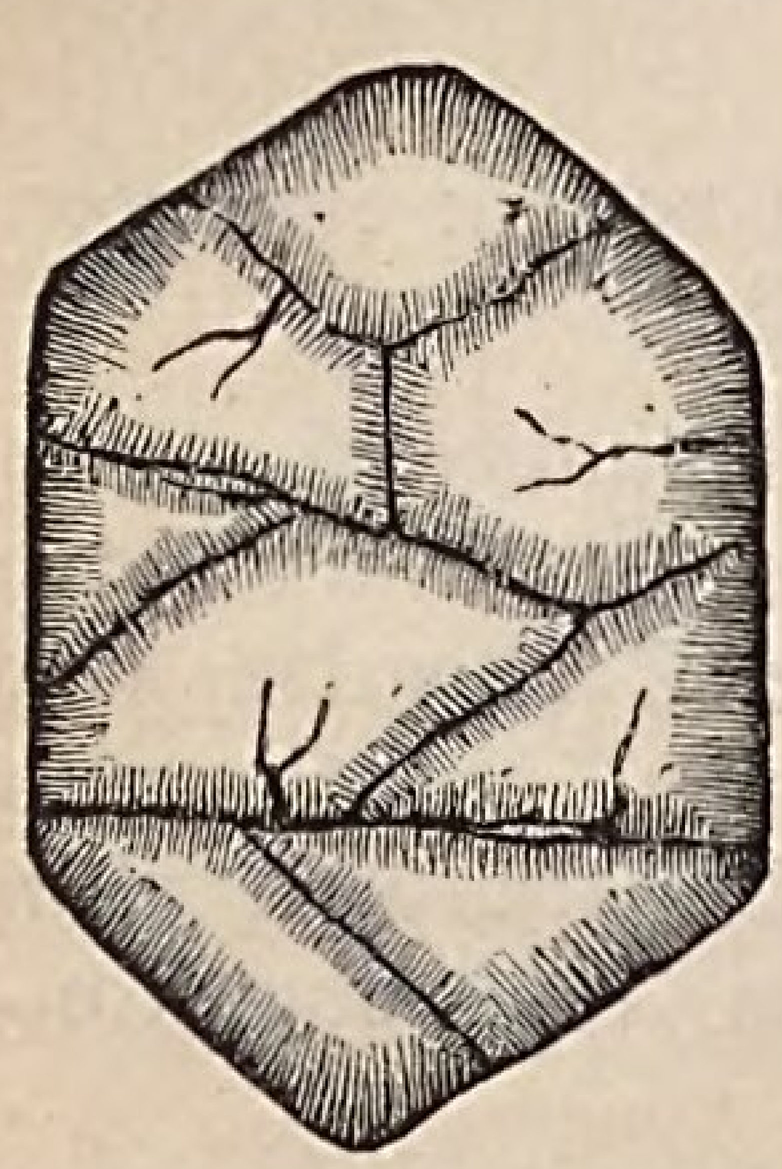


Fig. 15.

4. Olivingruppe.

73. Olivin III. (Chrysolith.) Seine Durchschnitte sind sechs- oder achteckig oder auch ganz unregelmäßig; besonders charakteristisch ist das steile Doma, das an günstigen Durchschnitten sichtbar wird. Er ist meist von zahlreichen, regellosen Spalten durchsetzt und zeigt im Dünnschliff eine eigentümliche, rauhe und wellige Oberfläche. Seine Farbe ist grünlichgelb, grün, bei größerer Dünne ist er fast farblos. Zwischen den Nicols zeigt er sehr lebhafte Interferenzfarben. Er ist reich an mannigfaltigen Interpositionen, von welchen besonders Magnetit zu nennen ist.

Längs der Spalten findet sich sehr häufig ein grünes, faseriges Zersetzungsprodukt (Serpentin, s. d.), welches dann als ein mannigfach verschlungenes Maschenwerk den Krystall durchsetzt (vergl. Fig. 15 S. 42).

Mit Salzsäure gelatiniert er nach längerem Erwärmen.

Der Olivin bildet den Olivinfels und ist ein wesentlicher Bestandteil der Melaphyre, Basalte, des Lherzoliths und findet sich accessorisch in Gabbros und mehreren anderen Eruptivgesteinen.

5. Granatgruppe.

74. Granat I. Granat kommt in der Regel in einzelnen Individuen eingewachsen vor und erscheint im Durchschnitt meist in undeutlichen regulären Polygonen, welche gewöhnlich von zahlreichen unregelmäßigen Sprüngen durchsetzt sind. Er ist wasserhell, rötlich oder (seltener) anders gefärbt und durchsichtig. Als Zersetzungs- und Umwandlungsprodukte treten verschiedene Mineralien auf, so besonders Hornblende, welche ihn oft in Form eines grünen Hofes umgiebt. Zwischen + Nicols bleibt er natürlich in jeder Lage dunkel.

Er ist ein wesentlicher Gemengteil des Eklogits, Granatits und Eulysits und findet sich accessorisch in manchen älteren Eruptivgesteinen (Granit), in Gneißen und den krystallinen Schiefern.

6. Nephelingruppe.

75. Leucit II. Ist eines der unter dem Mikroskope am besten charakterisierten Mineralien. Er erscheint in achteckigen, selten scharfeckigen, meist etwas verzerrten Durchschnitten, oft in rundlichen Körnern. Er ist farblos und wird zwischen + Nicols selten vollkommen dunkel, in der Regel sieht man den im allgemeinen dunkeln Durchschnitt größerer Krystalle von hellen, blaßbläulich gefärbten, sich kreuzenden Bändern durchzogen. Besonders charakteristisch sind seine zahlreichen entweder zentral angehäuften oder in konzentrischen Kreisen angeordneten Einschlüsse. Unter diesen sind besonders zu erwähnen grünlichgelbe Mikrolithen, welche dem Augit angehören dürften, ferner Nephelin, Nosean, Magnetit, Glaskörner und Gasporen, Flüssigkeitseinschlüsse und andere opake, nicht weiter bestimmbare Körperchen (vergl. Fig. 16 S. 44).

Er ist ein gewöhnlicher Bestandteil der Laven vom Vesuv und der Eifel und findet sich im Leucitit, Leucitbasalt, Nosean-phonolith u. a. G.

76. Nephelin VI. Kommt in den Gesteinen gewöhnlich in Krystallen vor, deren Durchschnitte entweder deutliche, oft sehr scharf begrenzte Hexagone oder kurze Rechtecke sind. Ursprünglich

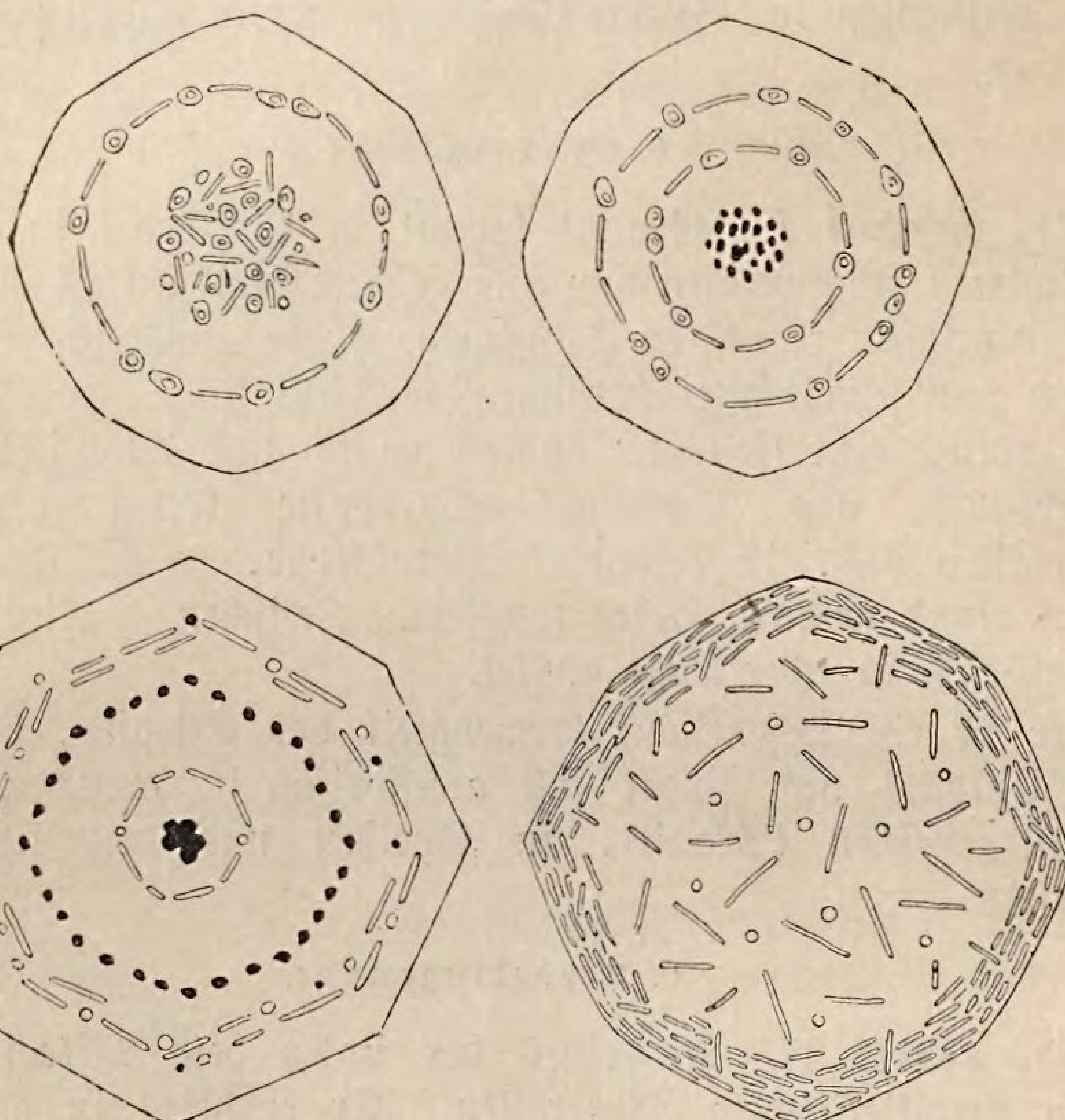


Fig. 16.

farblos, erscheint er in der Regel durch zahlreiche winzigste Interpositionen von noch fraglicher Natur wie bestäubt; außerdem beobachtet man besonders in den kleineren Individuen gelbliche oder grünliche Mikrolithen oft in sehr zierlicher Anordnung parallel den Umrissen des Krystalls. Seine Interferenzfarben sind stets sehr schwach. In Salzsäure löst er sich unter Bildung von Gallerte, welch letzterer Umstand vorzüglich zur Unterscheidung von dem sehr ähnlichen Apatit dient (vergl. diesen).

Nephelin findet sich im Phonolith, Nephelinbasalt, Nephelinit und in Leucitgesteinen.

77. **Sodalith** I. Kommt in derben Massen, seltener in Krystallen vor; letztere erscheinen in hexagonalen oder quadratischen Durchschnitten meist mit ungleichen Seiten und zeigen wellenförmig verlaufende Risse. Er ist wasserhell oder von gelblicher bis grünlicher oder bläulicher Färbung. Zwischen + Nicols bleibt er natürlich dunkel. Er ist entweder vollkommen rein oder er umschließt zahlreiche Interpositionen aller Art. Mit Salzsäure giebt er leicht eine Gallerte.

In manchen Trachyten, ferner im Zirkonsyenit und anderen älteren Eruptivgesteinen.

78. **Nosean** I. Findet sich stets in Krystallen von meist nicht scharf begrenztem quadratischen oder hexagonalen Durchschnitte, oft mit ungleichen Seiten und dunkler, bläulich-schwarzer Umrandung. Oft sind die Durchschnitte von rechtwinklig oder unter 60° sich kreuzenden Strichsystemen durchsetzt, welche sich bei starker Vergrößerung als aus gradlinig aneinandergereihten Einschlüssen bestehend darstellen; durch eine Anhäufung solcher Einschlüsse entsteht auch der dunkle Rand (vergl. Fig. 17). Seine Farbe ist verschieden rötlich oder bläulich, oft wird er dunkel und undurchsichtig.

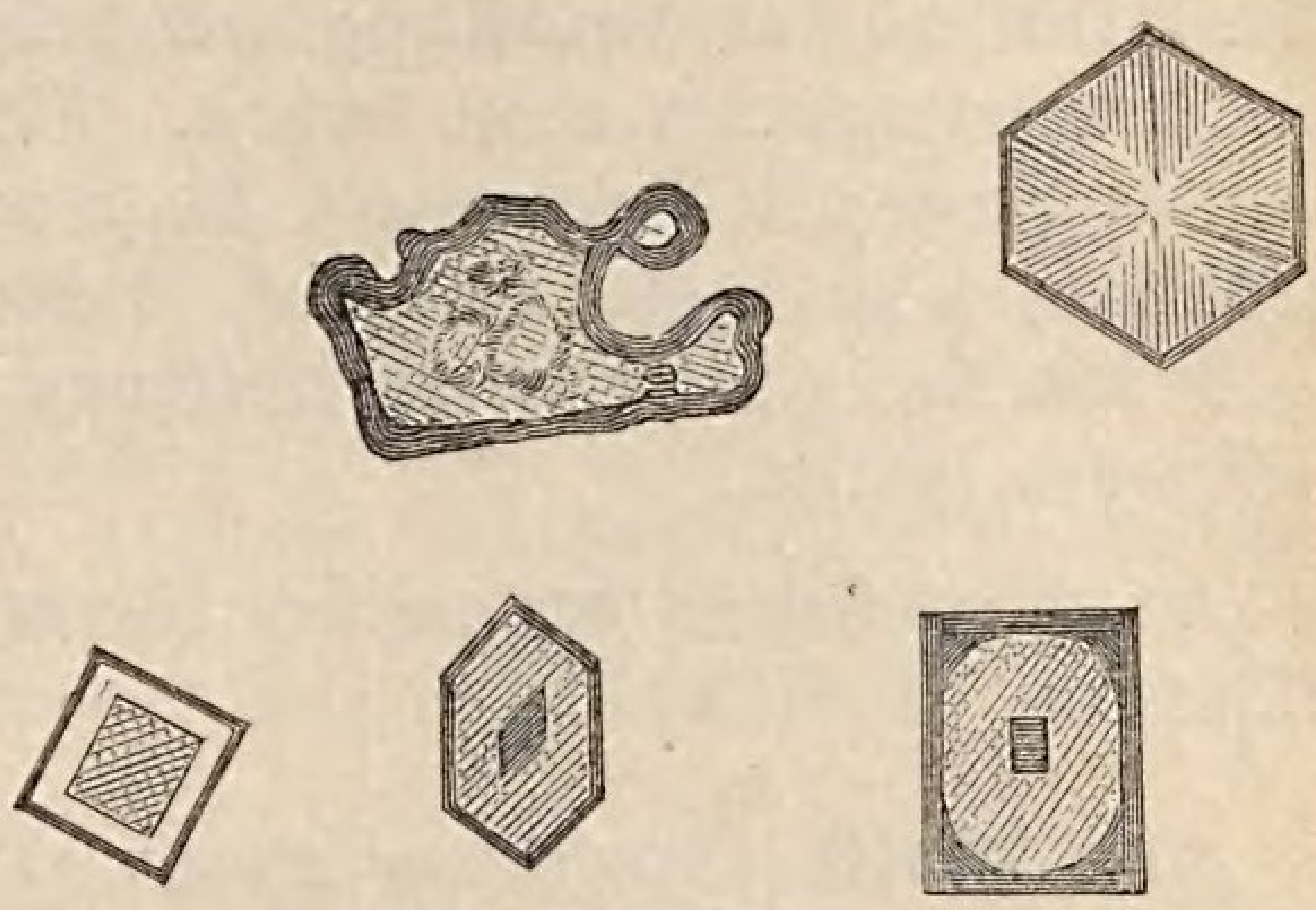


Fig. 17.

In Nephelingesteinen nicht selten, in älteren Eruptivgesteinen findet man ihn nicht.

79. **Hauyn** I. Er tritt wie der Nosean in Krystallen, zuweilen aber auch als Krystallkorn auf; seine Durchschnitte gleichen denen des Nosean. Die meisten Hauyne sind blau, doch findet man auch rote, braune, grüne oder graue, welche letztere von den zahlreichen winzigen Interpositionen wie bestäubt aussehen. Die Einschlüsse, welche oft in großer Zahl vorhanden sind, zeigen seltener eine so regelmäßige, gradlinige Anordnung wie beim Nosean, welcher Umstand vielleicht noch am besten dazu dienen

kann, Hauyn neben dem überaus ähnlichen Nosean im Dünnschliff zu erkennen. Nosean und Hauyn gelatinieren mit Säuren leicht.

Auch der Hauyn ist auf jüngere Gesteine beschränkt und findet sich in Basalten, seltener in Trachyten und Phonolithen.

7. Glimmergruppe.

80. **Muscovit** (Kaliglimmer) III. Erscheint im Dünnschliff entweder in unregelmäßig begrenzten oder auch in polygonalen Blättchen, wenn der Schliff parallel der Spaltungsfläche, oder in schmal leistenförmigen Durchschnitten, wenn er senkrecht zu dieser das Mineral getroffen hat. Diese letzteren Durchschnitte zeigen parallel ihrer Längsausdehnung ungemein feine Risse. Die Blättchen sind durchsichtig und hellgefärbt, gelblich, grünlich; die Interferenzfarben meist lebhaft. Absorption und Dichroismus bei Drehung des Polarisators kaum merklich, wenn Blättchen, deutlicher, wenn Leisten vorliegen. Beide Schnitte werden zwischen + Nicols bei einer Horizontaldrehung zweimal dunkel. Interpositionen spärlich.

Er findet sich in den meisten älteren Eruptivgesteinen und den Schiefern.

81. **Biotit** (Magnesiaglimmer) VI. Er kommt teils in unregelmäßig begrenzten Lappen und Fetzen, teils in schönen, hexagonalen Blättchen vor, oder in langen Leistchen, welche, wie oben, infolge der höchst vollkommenen basischen Spaltbarkeit fein längsgestreift sind. Seine Farben sind grünlich, gelblich bis tief braun, stets dunkler als die des vorigen. Die sechsseitigen Blättchen bleiben bei einer vollen Horizontaldrehung dunkel, die leistenförmigen Durchschnitte natürlich nur, wenn die lange und kurze Seite des Rechteckes den Nicolhauptschnitten parallel sind. Bei der Untersuchung über den Dichroismus werden diese leistenförmigen Durchschnitte fast ganz schwarz, wenn die Spaltungsrichtung mit dem Nicolhauptschnitt zusammenfällt; die Schnitte senkrecht zu c zeigen natürlich keinen Dichroismus. Interpositionen sind, wie oben, selten.

Er ist ein sehr gewöhnlicher Gemengteil vieler älterer und jüngerer Eruptivgesteine und findet sich auch in den krystallinen Schiefern.

8. Chloritgruppe.

82. Chlorit VI. Erscheint gewöhnlich in unregelmäßig begrenzten Blättchen, selten in sechsseitigen Täfelchen; häufig beobachtet man eine Zusammensetzung aus parallelen, gewundenen oder verworrenen Fasern, gewöhnlich kommt er in schuppigen Aggregaten vor. Die Farbe ist grün, der Dichroismus stark, die Interferenzfarben gewöhnlich schwach. Nicht alle horizontal liegenden Blättchen bleiben bei einer vollen Umdrehung zwischen +Nicols dunkel. Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, daß mit dem Gesamtnamen Chlorit mehrere jetzt getrennte, chloritähnliche Mineralien (Pennin, Klinochlor) zusammengefaßt werden. Interpositionen sind selten. Schwefelsäure zersetzt ihn langsam.

Chlorit bildet wesentlich den Chloritschiefer und findet sich außerdem in krystallinen Schiefern, Diabasen, Porphyr und Melaphyr.

Dem Chlorit gleichen sehr manche Zersetzungsprodukte in krystallinen Gesteinen; diese werden, wenn sie nicht näher bestimmbar sind, unter dem Namen „Viridit" (Vogelsang), auch „Chloropit" (Gümbel) zusammengefaßt.

Als Ausfüllung oder teilweise Wandbekleidung kommt ein ähnliches grünes Mineral, der Delessit, als strahliges Aggregat in den Hohlräumen mancher Mandelsteine vor.

9. Talk- und Serpentingruppe.

83. Talk III oder VI. Tritt in krummflächigen, oft ausgefransten Schüppchen oder schuppigen Aggregaten auf. Er ist farblos bis blaßgrün, ohne Dichroismus, welcher Umstand als Unterscheidung von dem sehr ähnlichen Chlorit dienen kann. Interferenzfarben, wie bei Chlorit, schwach. Von Interpositionen ist er ziemlich frei.

Er findet sich im Protogingranit, Protogingneiß und den Talkschiefern.

84. Serpentin. Er ist ein Umwandlungsprodukt des Olivins, mit dem er daher häufig vergesellschaftet vorkommt. Man beobachtet dann, daß die Olivine von einem Netzwerk einer grünen bis bräunlichen meist feinfaserigen Substanz, welche eben Serpentin ist, durchsetzt werden. (Vgl. Fig. 15 bei Olivin.) In den Maschen des Netzwerkes sind dann meist noch die vollkommen frischen Ueberreste des Olivins erhalten. Zwischen den

Nicols zeigt er ziemlich starke Interferenzfarben. Die Interpositionen sind dieselben, wie bei Olivin; sehr häufig sind die Maschen von fein verteilten Chromitkörnern erfüllt.

Serpentin bildet eine eigene Felsart und findet sich ferner auch in Gesteinen, welche Olivin enthalten.

10. Augit- und Hornblendegruppe.

85. **Enstatit** III, **Bronzit** III **und Diallag** IV. Alle drei scheinen in den Gesteinen nur als Krystalloide von ungefähr leistenförmigem oder ganz unregelmäßigem Durchschnitte vorzukommen. Sie zeigen unter dem Mikroskope sehr zahlreiche, ungemein feine, parallele dunkle Streifen, welche oft so dicht liegen, daß das Mineral fast undurchsichtig wird. Manchmal beobachtet man noch ein zweites oder sogar ein drittes Strichsystem, von denen das zweite schief, das dritte senkrecht zum ersten steht. Alle drei werden mit blaßgelben bis grünlichen Farben durchsichtig und zeigen keinen Dichroismus. Die Polarisationsfarben zwischen den Nicols sind sehr lebhaft. Enstatit und Bronzit als rhombisch lassen sich optisch von dem monoklinen Diallag in geeigneten Durchschnitten zwischen +Nicols dadurch unterscheiden, daß die beiden ersteren dunkel werden, wenn ein Nicolhauptschnitt einer Krystallaxe parallel ist; der letztere natürlich nur dann, wenn der Schnitt zufällig senkrecht zur Symmetrieebene steht, in anderen Schnitten findet sich eine schiefe Auslöschung. Enstatit und Bronzit sind schwer zu unterscheiden; als Hülfsmittel dient der metallische Schimmer des Bronzits auf dem Brachypinakoid und seine sanft wellige Streifung gegenüber der geradlinigen beim Enstatit.

Alle drei finden sich als Gemengteile in Gabbros, im Serpentin, im Olivinfels und in anderen Gesteinen.

Protobastit wurde früher ein Mineral genannt, das sich dann als mit Enstatit identisch herausgestellt hat, wenn sich auch neuerlich einige Verschiedenheiten zwischen beiden ergeben haben. Aus ihm geht durch Wasseraufnahme der Bastit hervor. Letzteres Mineral ist in blätterigen Krystalloiden bekannt und gleicht im wesentlichen dem Enstatit. Er ist als Gemengteil im Schillerfels und anderen gabbroähnlichen Gesteinen bekannt.

86. **Hypersthen** III. Er gleicht oft den vorigen, unterscheidet sich aber in bestimmten Vorkommnissen von ihnen vor-

züglich durch den eigentümlichen, kupferroten Schiller auf der klinodiagonalen Hauptspaltungs-Fläche, welche, wie das Mikroskop zeigt, hervorgerufen wird durch zahlreiche braune, rhombische Blättchen, die größeren meist von lappiger Begrenzung, welche sämtlich parallel (oder nahe parallel) der Brachypinakoid-Fläche eingelagert sind und deren Natur bis jetzt nicht vollkommen sicher festgestellt ist. Außerdem giebt es aber auch Hypersthene, welche diese Mikrostruktur durchaus nicht zeigen. Die Farbe des Hypersthens ist meist dunkelbraun, bis grün, die einschluß-freien sind oft schön grünlichgelb, hell und erinnern an Augit. Er zeigt sehr deutlichen Dichroismus und ziemlich lebhafte Interferenzfarben. Außer den schon genannten Blättchen finden sich Einschlüsse von Magnetit und Glas.

Der Hypersthen ist ein hervorragender Bestandteil des Hypersthenits; außerdem kommt er nicht selten in Gabbros vor und findet sich auch zuweilen in Trachytgesteinen.

87. **Augit** IV. Kommt in den Gesteinen als Krystall oder Krystallkorn vor. Die Durchschnitte der ersteren sind, wenn die aufrechte Axe getroffen wurde, meist achteckig, parallel dieser erscheinen sie entweder in rhombischen oder monoklinen Formen, jenachdem der Schliff parallel dem Ortho- oder Klinopinakoid den Krystall getroffen hat. Letztere Schnitte zeigen nicht vollkommen geradlinig verlaufende Risse, die basischen meist ein sich unter 87° schneidendes Spaltensystem neben unregelmäßigen Rissen. Nicht selten zeigen die Augite schöne Schalen-(Zonar-)struktur. Oft sind die Krystalle zerbrochen oder in Gruppen zusammengehäuft, was auf eine Bewegung der noch flüssigen Gesteinsmasse hindeutet. Die Farbe des Augits ist in der Regel grünlichgelb bis bräunlich. Die Interferenzfarben sind lebhaft, der Dichroismus meist schwach oder er fehlt gänzlich. Zwischen +Nicols erkennt man häufig Zwillinge an der ungleichen Färbung beider Hälften eines Durchschnittes. Von den mannigfaltigen Interpositionen sind besonders Glaseinschlüsse, Mikrolithe, Magnetit neben anderen Mineralien zu nennen. — Säuren verändern ihn nicht.

Er ist ein häufiger Gemengteil jüngerer und älterer Eruptivgesteine.

Unter S m a r a g d i t versteht man ein Gemenge von Pyroxen und Hornblende oder auch eine besondere Art grasgrüner Hornblende. Smaragdit findet sich in Gesteinen (Gabbro,

Eklogit) nie in Krystallen, sondern in lamellaren Aggregaten von grünlichweißer Farbe ohne Dichroismus, welche in keiner Stellung zwischen +Nicols dunkel werden.

88. **Hornblende** IV. Sie gleicht als Gesteinsgemengteil in vieler Beziehung sehr dem Augit, ohne daß in den meisten Fällen eine Verwechselung leicht möglich wäre, da sie durch recht charakteristische Merkmale von ihm unterschieden werden kann. Sie kommt in deutlichen Krystallen oder häufiger in Körnern und stengeligen Krystalloiden vor; ihre Durchschnitte gleichen, wenn die Hauptaxe nicht getroffen wurde, denen des Augit, Schnitte jedoch durch die Hauptaxe sind in der Regel sechseckig und zeigen ein Prisma von $124^1/_2°$, welchem auch die gewöhnlich deutliche Spaltung entspricht. Daneben bieten auch die meist sehr scharf geradlinig verlaufenden Risse parallel der aufrechten Axe ein gutes Unterscheidungsmerkmal. Schnitte, welche diese Risse zeigen, können auf den ersten Blick mit Biotitdurchschnitten parallel c verwechselt werden. Doch bietet die starke Absorption bei Biotit, wenn die Risse einem Nicolhauptschnitte parallel sind, eine bequeme Unterscheidung, wenn die schiefe Auslöschung der Hornblende nicht benutzt werden kann. Die Farbe ist gewöhnlich etwas tiefer als bei Augit, die basaltische Hornblende wird erst in sehr dünnen Schliffen mit braunen Farben durchsichtig. Der Dichroismus der Hornblende ist im Gegensatze zu Augit sehr bedeutend und wird auch gewöhnlich zur Unterscheidung von letzterem benützt. Da jedoch manche Augite ebenfalls nicht unmerklichen Dichroismus zeigen, so wird dieses Unterscheidungsmerkmal zuweilen sehr problematisch. Besser eignet sich in passenden Durchschnitten (parallel der Symmetrieebene) der Umstand, daß die Auslöschungsschiefe bei Hornblende viel geringer (höchstens bis 20° mit c) ist als bei Augit. In Bezug auf Interpositionen ist ungefähr das Gleiche wie bei Augit zu erwähnen; sehr häufig findet sich hier, wie dort, ein dunkler Magnetitsaum um den Krystall (vgl. Fig. 18).

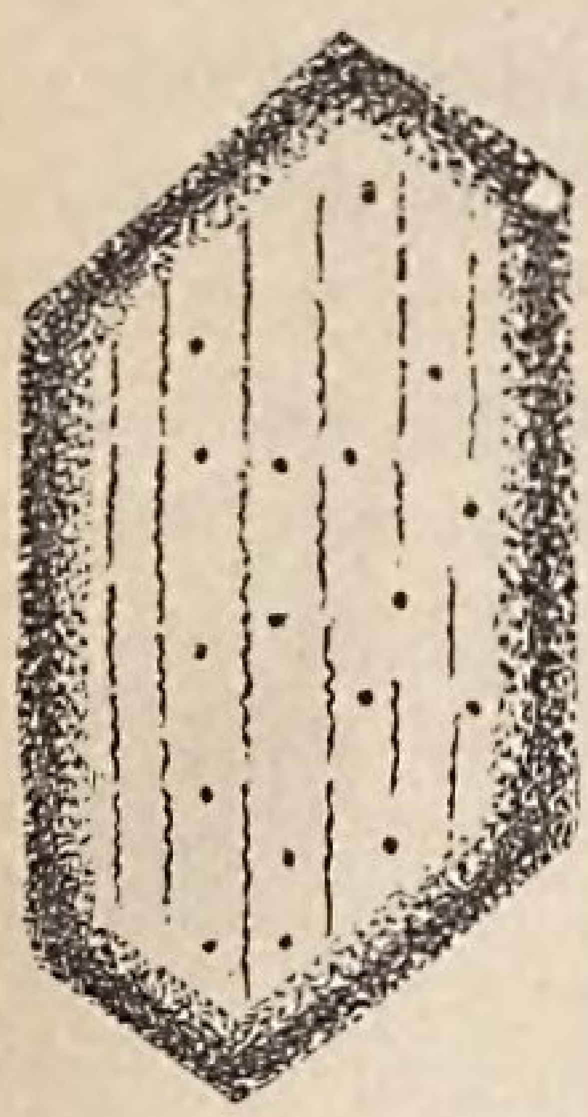


Fig. 18.

Die Verbreitung der Hornblende ist eine sehr bedeutende und erstreckt sich über eine große Zahl älterer und jüngerer Eruptivgesteine, sowie über krystalline Schiefer.

Actinolith läßt sich unter dem Mikroskop gut von der eigentlichen Hornblende unterscheiden. Er kommt in der Regel in langstengeligen und faserigen Aggregaten vor, zeigt selten parallele Risse, meist eine blaßgrüne Farbe und schwachen Dichroismus. Er bildet wesentlich den Actinolithschiefer und findet sich außerdem in manchen krystallinen Schiefern als accessorischer Bestandteil.

11. Feldspathgruppe.

89. **Orthoklas** IV. Die Durchschnitte des Orthoklases sind entweder rechteckig und polygonal, wenn das Mineral als Krystall entwickelt ist, oder unregelmäßig, wenn es als Krystallkorn vorkommt. Häufig beobachtet man Zwillinge (nach dem Karlsbader Gesetz), welche oft schon in gewöhnlichem Lichte durch eine feine Naht sich bemerklich machen; an Plagioklas erinnernde Streifung, welche man zuweilen auch makroskopisch erkennen kann, rührt von einer Verwachsung mit Albit her. Der Orthoklas erscheint unter dem Mikroskop farblos, manchmal schön durchsichtig, meist aber infolge von Zersetzung getrübt, zuweilen durch fremde Substanzen gefärbt. Die frischen Orthoklase zeigen lebhafte Interferenzfarben, die zersetzten sehr schwache. Die mikroskopisch oft sehr zahlreichen Interpositionen sind verschiedene Mikrolithen, Gasporen, manchmal Glas- und Flüssigkeitseinschlüsse, zuweilen Quarz und Glimmer. In stark getrübten Orthoklasen sind die Interpositionen nicht mehr zu erkennen.

Der Orthoklas ist einer der wesentlichsten Gemengteile der älteren Eruptivgesteine und vieler krystallinen Schiefer.

90. **Sanidin** IV. Der Sanidin muß, obwohl er nur eine Varietät des Orthoklases ist, wegen seiner Wichtigkeit bei Unterscheidung älterer und jüngerer Eruptivgesteine besonders behandelt werden. Seine Durchschnitte gleichen im allgemeinen denen des Orthoklases, doch findet man hier häufiger schmal leistenförmige Krystalldurchschnitte. Zonarstruktur und Zwillinge sind oft zu erkennen. Im Unterschiede vom Orthoklas sind die Sanidine in der Regel vollkommen wasserhell, rein und durchsichtig und zeigen zwischen den Nicolen sehr lebhafte Interferenzfarben, die an Quarz erinnern. Von Interpositionen sind die Sanidine entweder vollständig frei oder sie besitzen deren eine große Menge und zwar Mikrolithen aller Art, Glaseinschlüsse und Dampfsporen und Fetzen des ursprünglichen Gesteinsmagmas. Sie sind entweder un-

regelmäßig zerstreut, zentral angehäuft oder peripherisch angeordnet.

Der Sanidin ist ein wesentlicher Bestandteil vieler jüngeren Eruptivgesteine, seltener und stets nur accessorisch in älteren Massengesteinen, wie in manchen Melaphyren, Dioriten und Diabasen.

91. Plagioklase V. Unter diesem Namen faßt man sämtliche trikline Feldspathe zusammen, da eine Trennung der einzelnen Spezies (Albit — Anorthit und der dazwischen liegenden Glieder) mikroskopisch nicht wohl möglich ist. Alle zeichnen sich im Gegensatz zu den monoklinen durch ihre Neigung zur polysynthetischen Zwillingsbildung aus, welche auch als vorzüglichstes Kennzeichen zur Unterscheidung von den orthotomen Feldspathen unter dem Mikroskope dient, eine Unterscheidung, welche um so wichtiger ist, als die Hauptgruppen der feldspathführenden Gesteine nach diesem Gemengteile unterschieden werden.

Die Durchschnitte der Plagioklase sind ähnlich denen des Orthoklases leistenförmig oder unregelmäßig. Die Zwillingsbildung ist im gewöhnlichen Lichte meist schon durch eine feine Parallelstreifung zu erkennen, giebt sich aber zwischen den Nicols durch buntfarbige, scharf an einander absetzende Streifen sehr deutlich zu erkennen. Die übrigen Verhältnisse gleichen im allgemeinen denen des Orthoklas und Sanidin, wie man denn auch hier die beiden Varietäten die „derbe“ und die „glasige“ durch die Namen „Plagioklas“ und „Mikrotin“ zu trennen suchte.

Plagioklas gehört zu den gewöhnlichsten Gemengteilen der älteren, Mikrotin der meisten jüngeren Eruptivgesteine; außerdem tritt der Plagioklas in vielen krystallinen Schiefern auf.

92. Kaolin. Der Kaolin kommt in den Gesteinen als Zersetzungsprodukt der Feldspathe und ähnlicher Mineralien vor. Er bildet eine weiße, weiche, mehlige Masse, welche unter dem Mikroskope sehr unsicher charakterisiert ist, so daß zur Feststellung der Kaolinnatur eines Zersetzungsproduktes jedenfalls makroskopische Untersuchung, wo möglich, vorzuziehen ist.

93. Glasbasis. Als petrographisch wichtig muß hier noch der amorphen „Glasbasis“ gedacht werden. Es findet sich nämlich in vielen Gesteinen neben den individualisierten Ausscheidungen eine amorphe, durchaus strukturlose, meist ungefärbte und durchsichtige Masse, welche bald als feine Häutchen, Bänder und

Streifen oder als winzige Fleckchen, bald aber auch in größeren Partien zwischen den krystallinischen Bestandteilen (als „Zwischenklemmungsmasse") vorkommt, von diesen durch den Mangel einer eigenen Form und durch ihre Wirkungslosigkeit auf polarisiertes Licht unter dem Mikroskope sich zu erkennen giebt und mit dem Namen Glas oder glasige Basis bezeichnet wird. Nicht immer erscheint sie durchaus homogen, sehr oft beobachtet man in derselben winzige Härchen und Körnchen, welche wegen ihrer Kleinheit und häufigen Undurchsichtigkeit schwer weiter zu deuten sind. Diese schon einmal bei Gelegenheit der Glaseinschlüsse in Mineralien erwähnten Gebilde der glasigen Basis werden Entglasungsprodukte genannt. Ist der Schliff dünn genug oder das Glas von größerer Ausdehnung, so läßt sich seine isotrope Natur leicht erkennen, schwieriger oder geradezu unmöglich ist es bei winzigen Partien, welche über oder in anderen doppeltbrechenden Mineralien liegen, wie dies besonders oft bei Untersuchung von Glaseinschlüssen gefühlt wird.

B. Die Strukturformen.

94. Erklärung. Durch die Gestalt, Größe und Art der Aggregation der ein Gestein zusammensetzenden Bestandteile wird dasjenige bedingt, was man seine Struktur (Textur) oder sein inneres Gefüge nennt. Die Struktur eines Gesteines kann aus Handstücken nur für jene Stelle, aus welcher das Stück genommen ist, erkannt werden; sollen Handstücke ein Bild von der Struktur der ganzen lokal abgelagerten Gesteinsmasse geben, so müssen solche von verschiedenen Stellen, vom Rande und der Mitte, von oben und unten, vom Stock und den Apophysen u. s. w. vorliegen, da sich die Struktur gewöhnlich nicht durch die ganze Gesteinsmasse gleichbleibt.

Außerdem erscheint aber infolge von Spalten, welche das Gestein gewöhnlich durchziehen, deren Ursachen verschieden, z. B. Abkühlung, Austrocknung, Druck u. dergl., sein können, die ganze lokale Ablagerung eigentümlich struiert. Die dadurch auftretenden, gewissermaßen äußeren Strukturformen eines Gesteins, welche selbstverständlich nur an Ort und Stelle der Ablagerung, nicht aber an Handstücken beobachtet werden können, werden gewöhnlich Absonderungsformen genannt.

Für die Betrachtung der Strukturverhältnisse ist es notwendig, auf die Unterscheidung zwischen krystallinen und klastischen Gesteinen zurückzugehen. Ebenso ist es für das Verständnis der Terminologie vorteilhaft, die Makro- und Mikrostrukturverhältnisse getrennt zu betrachten.

I. Makrostruktur der krystallinen Gesteine.

95. **Körnige Struktur.** Die einzelnen Gemengteile sind ungefähr von gleicher Größe und besitzen nach allen Richtungen nahezu gleiche Ausdehnung. Je nach der Größe des Korns unterscheidet man grobkörnig, wenn die Mineralindividuen erbsengroß und größer sind, mittelkörnig für Dimensionen von Hirse- bis Erbsengröße, und endlich feinkörnig, wenn die Größe der Gemengteile eine geringere ist. Für alle drei Modifikationen bietet der Granit ein instruktives Beispiel.

96. **Dichte Struktur.** Lassen sich an einem Gestein weder mit freiem Auge noch mit der Lupe die Gemengteile unterscheiden, so heißt das Gestein dicht. Oft löst sich eine dem bloßen Auge dicht erscheinende Gesteinsmasse unter dem Mikroskope in ein feinkrystallines Aggregat auf; in anderen Fällen gelingt eine derartige Auflösung selbst mit den stärksten Vergrößerungen nicht und das Gestein erweist sich auch unter dem Mikroskope entweder durchaus oder wenigstens stellenweise als eine homogene, amorphe Masse. Die hieher gehörige Terminologie findet ihre Erklärung unter II.

97. **Schiefrige Struktur.** Für die hier zu betrachtenden Strukturverhältnisse ist nicht mehr die Größe der Bestandteile, sondern ihre Gestalt und Lage maßgebend. Enthält das Gestein blättrige Mineralien in größerer Zahl (z. B. Glimmer), so wird das Gestein, wenn die Blättchen eine parallele Lage haben, parallel dieser leichter spalten als in anderen Richtungen. Die auf diese Weise entstehende, weit verbreitete Strukturform heißt schiefrig. Die für gewisse Modifikationen gebräuchlichen Ausdrücke, wie gerade- und krummschiefrig, wellenförmig, dick- und dünnschiefrig u. dergl. erklären sich wohl von selbst. Beispiele für diese Ausbildungsweise sind Gneiß, Glimmerschiefer, Dachschiefer u. a. Der Bruch dieser Gesteine wird in Haupt- und Längs- und Querbruch unterschieden, jenachdem die Bruch-

fläche parallel der Schieferung oder senkrecht zu derselben und zwar entweder längs der meist nach einer Richtung mehr ausgedehnten Gemengteile oder quer gegen diese liegt.

Eine bestimmte Form schiefriger Gesteine wird als flaserig bezeichnet. Hier werden linsenförmige Partien, welche ihrerseits oft körnige Struktur zeigen, von dünnen schiefrigen Lagen getrennt. — Schiefrige Gesteine zeigen häufig eine eigentümliche, oft bis zu mikroskopischer Feinheit herabsinkende Fältelung, welche wahrscheinlich eine Folge einseitigen Druckes auf das Gestein ist.

98. **Schuppige Struktur.** Das Gestein ist nur aus blätterigen Mineralien zusammengesetzt, welche entweder parallel angeordnet sind (schiefrige Struktur) oder nach allen Richtungen wirr durcheinander liegen.

99. **Faserige Struktur.** Sind die Mineralien, welche das Gestein zusammensetzen, dünn und nach einer Richtung sehr ausgedehnt, so entsteht, wenn sie parallel angeordnet sind, eine schiefrig-faserige, wenn sie verworren liegen eine verworren-faserige Struktur.

100. **Gestreckte Struktur.** Mit diesem Namen hat man eine Struktur bezeichnet, die durch parallele, oft über weite Strecken hin gleich gerichtete Aneinanderlagerung in die Länge gestreckter Gemengteile hervorgerufen wird. Bei Eruptivgesteinen wird diese Anordnung der leisten- und säulenförmigen Mineralien (Feldspath, Hornblende 2c.) als eine Folge der fließenden Bewegung der weichen Gesteinsmasse angesehen; doch findet sich die Erscheinung auch bei vielen schiefrigen Gesteinen (Gneiß, Hornblendeschiefer).

101. **Porphyrische Struktur.** Liegen in einer amorphen oder teilweise amorphen, teilweise krystallinen, makroskopisch dicht erscheinenden Masse, welche in der Regel einen Hauptanteil an der Gesteinszusammensetzung hat und „Grundmasse" genannt wird, größere Krystalle ausgeschieden, so wird die dadurch hervorgerufene Strukturform porphyrisch genannt. Die Grundmasse der eigentlichen Porphyre, welche wesentlich feldspathiger Natur ist, wird Felsit genannt. Erweist sich die Grundmasse entweder schon makroskopisch oder wenigstens unter dem Mikroskope als durchaus krystallin, also ohne jede amorphe Zwischenmasse, so ntsteht die porphyrartige oder pseudoporphyrische

Struktur, wie sie manche Granite und zahlreiche jüngere Eruptivgesteine zeigen.

102. Blasige Struktur. Manche Eruptivgesteine umschließen oft mehr oder weniger rundliche Hohlräume, deren Entstehung auf in der weichen Masse sich entwickelnde Gasblasen zurückgeführt wird; die dadurch bedingte Struktur heißt *blasig*. Modifikationen, welche teils durch die Zahl der Hohlräume, teils durch ihre Gestalt hervorgerufen werden, erhalten besondere Namen. So bezeichnet man ein Gestein, in welchem die Blasenräume so überwiegen, daß die eigentliche Gesteinsmasse nur als dünne Wand zwischen denselben übrig bleibt, mit *schwammig* oder *schaumig* (Bimsstein). *Schlackig* heißt die Struktur dann, wenn die Blasenräume mannigfach gewunden und schlauchförmig sind, wie dies bei vielen Laven beobachtet wird.

103. Mandelsteinstruktur (amygdaloidische Struktur). Sind die Hohlräume mit fremder Mineralsubstanz erfüllt, so entstehen sogenannte *Mandeln* und, wenn sie größere Dimensionen angenommen haben, *Geoden*, Verhältnisse, die bereits eine Besprechung gefunden haben (vgl. S. 12).

104. Poröse (zellige, cavernöse, tubulöse) **Struktur.** Sie unterscheidet sich von der blasigen Struktur nur dadurch, daß die Hohlräume anderen Ursprungs, nämlich durch Auswitterung des Gesteins entstanden sind. Die obige Reihenfolge der Bezeichnungen gebraucht man für immer größere Lücken, so daß ein Gestein, dessen Hohlräume bis fußgroß sind, mit cavernös bezeichnet wird. Tubulös wird ein Gestein mit ausgewitterten röhrenförmigen Hohlräumen genannt.

105. Oolithische Struktur. Viele Kalksteine und Mergel bestehen größtenteils aus bis schrotkorngroßen, radialstrahligen und konzentrisch schaligen kugeligen Konkretionen, welche durch ein oft kaum mehr merkliches Zement verbunden sind. Ihre Entstehungsweise kann eine verschiedene sein und ist in den meisten Fällen noch nicht bekannt (vergl. Fig. 19). An den *Rogensteinen* bemerkt man ein mergeliges Bindemittel, im *Pisolith* oder *Erbsenstein*, dessen Oolithe im Innern meist einen fremden Körper enthalten und zuweilen Erbsengröße erreichen, tritt das Zement fast ganz zurück.

106. Sphärolithische Struktur. Sie gleicht im allgemeinen der vorigen. Sie ist eine Folge eines bestimmten Erstarrungsprozesses, der darin besteht, daß gleichartige (sphärolithische Struktur) oder ungleichartige (pseudosphärolithische Struktur) nadelförmige Mineralien sich um einen Kern radial anordnen. Die dadurch entstehenden Kugeln zeigen sehr häufig eine scharfe Grenze gegen die übrige Gesteinsmasse. Zwischen

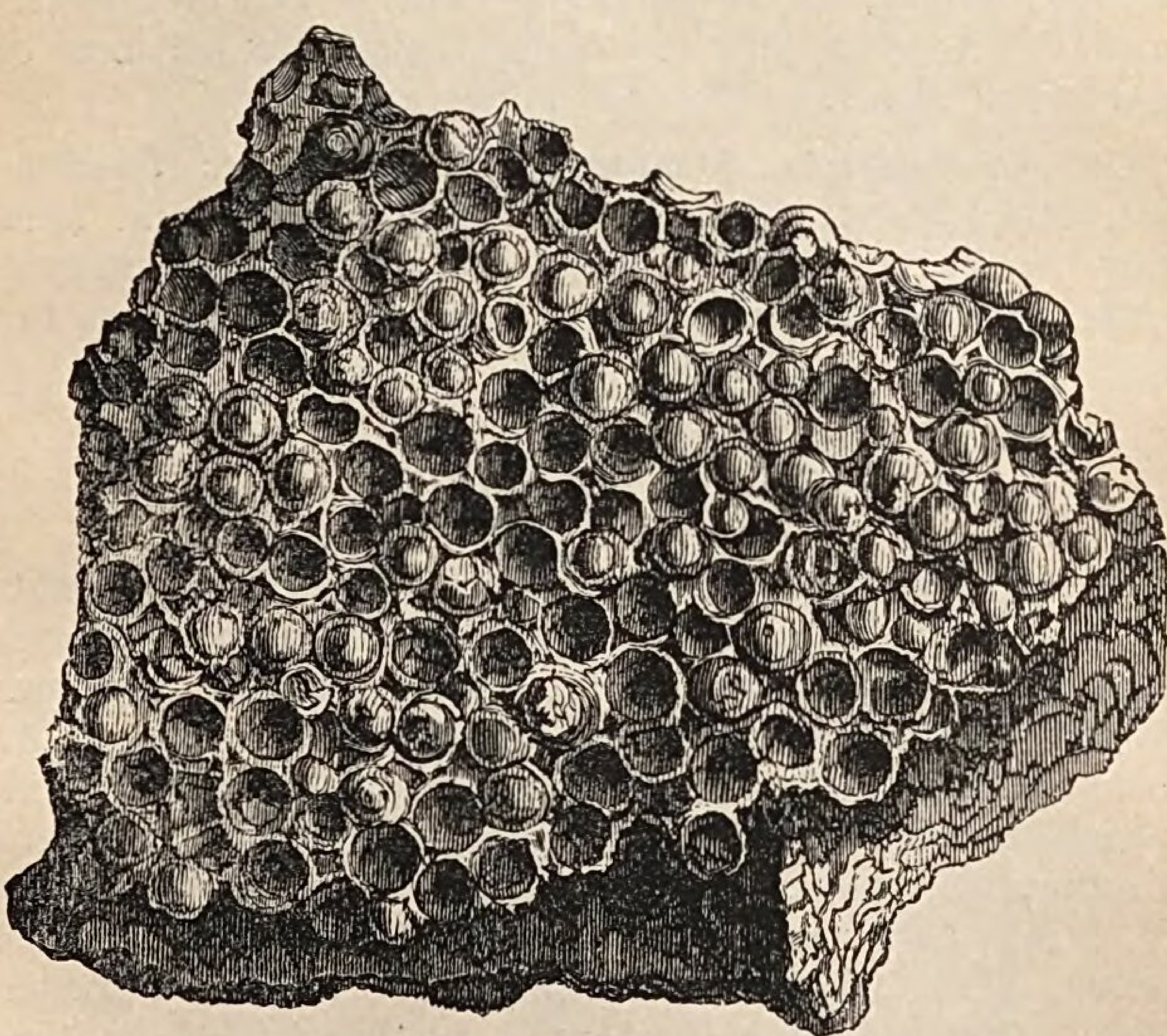


Fig. 19.

+ Nicols zeigen die Sphärolithe ein dunkles Kreuz, dessen Arme den Hauptschnitten der Nicols parallel sind, die Pseudosphärolithe dagegen sind von mehreren schwarzen Balken in einer von der obigen abweichenden Anordnung durchzogen. Diese Strukturform läßt sich in der Grundmasse mancher Porphyre, in Pechsteinen und glasigen jüngeren Eruptivgesteinen beobachten.

107. Variolithische Struktur. In manchen krystallinen Gesteinen finden sich den Sphärolithen ähnliche Konkretionen, welche manchmal ebenfalls verwischt radial-faserige und konzentrisch-

schalige Textur, in der Regel aber einen Aufbau aus unregelmäßig durcheinanderliegenden Körnchen und Nädelchen zeigen und nie gegen die übrige Gesteinsmasse scharf absetzen, sondern allmählich in dieselbe verfließen. Diese wahrscheinlich aus Feldspath bestehenden Konkretionen sind übrigens ihrer Natur nach noch nicht aufgeklärt. Treten infolge von Verwitterung des Gesteines diese Konkretionen als Erhöhungen an der Oberfläche des Gesteines hervor, so werden solche Gesteine Blatternsteine genannt. Aehnlich sind die knotenförmigen Konkretionen der sogenannten Knoten- und Fruchtschiefer.

108. **Gebänderte Struktur.** Von geringerer Wichtigkeit und nicht besonders häufig sind Strukturmodifikationen, welche durch verschieden gefärbte Lagen und Bänder hervorgebracht werden, die entweder in paralleler Richtung oder durcheinandergeflochten das Gestein durchsetzen.

II. Mikrostruktur der krystallinen Gesteine.

109. **Allgemeines.** Selbstverständlich wiederholen sich unter dem Mikroskope im wesentlichen dieselben Strukturmodifikationen, welche auch makroskopisch erkannt werden, wobei jedoch das gegenseitige Verhältnis der Bestandteile natürlich viel genauer zur Anschauung kommt. Besonders gilt letzteres von den sogenannten aphanitischen Gesteinen und der Grundmasse der Porphyre, deren Strukturverhältnisse makroskopisch nicht erkannt werden können. Es müßte daher im wesentlichen schon erwähntes wiederholt werden, wenn auf diese Verhältnisse noch einmal eingegangen würde. Eine besondere Erwähnung verdienen jedoch in dieser Hinsicht die Ausdrücke mikro- und kryptokrystallin, mikrofelsitisch und die Verhältnisse der Mikrofluidalstruktur.

110. **Mikro- und kryptokrystallin.** Erweist sich die Grundmasse porphyrartiger, sowie die Gesteinsmasse aphanitischer Gesteine unter dem Mikroskope als ein rein krystallines Aggregat wennauch sehr kleiner doch ihrer Natur nach immer noch bestimmbarer Mineralien, so heißt dieselbe mikrokrystallin; läßt sich dagegen eine solche Gesteinsmasse zwischen den Nicols zwar als ein durchaus krystallines Aggregat erkennen, ohne daß aber wegen der Kleinheit der Individuen ihre mineralogische Natur bestimmt werden könnte, so liegt ein kryptokrystallines Aggregat vor.

Dabei ist natürlich unter einem Krystallindividuum nicht nur ein allseitig begrenzter Krystall, sondern jeder auf polarisiertes Licht einheitlich wirksame Mineralkörper ohne Rücksicht auf seine äußere Begrenzung verstanden.

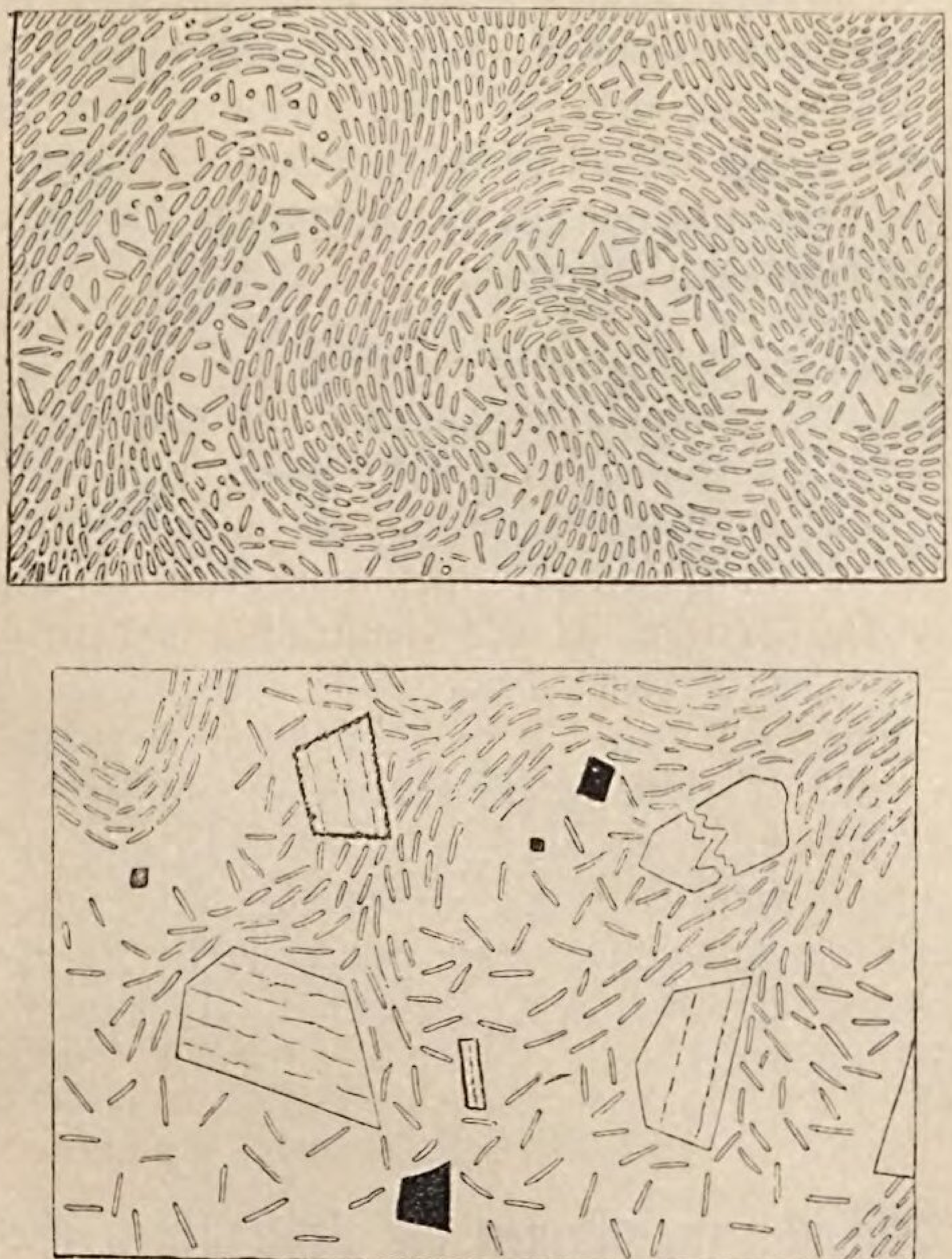


Fig. 20.

111. Mikrofelsit. Unter Felsit versteht man wie oben (S. 55) bemerkt die feldspathige Grundmasse der Porphyre. Der sogenannte Mikrofelsit oder die mikrofelsitische Basis ist eine mikroskopische Strukturvarietät, wobei die mineralogische Natur durchaus nicht in Betracht kommt. Man versteht darunter eine eigentümliche Erstarrungsmodifikation, welche sozusagen in der Mitte zwischen dem amorphen und dem krystallinen Zustande liegt und die mit den drei eben erwähnten Ausbildungsweisen

innig verknüpft besonders in der Grundmasse porphyrischer Gesteine auftritt. Sie erscheint „sehr häufig als ein hauchdünner Schleier“, welcher die übrigen krystallinen Ausscheidungen „in allen Richtungen überzieht und umschlingt“, entweder farblos oder graulich, gelblich bis bräunlich gefärbt ist und sich zwischen den Nicols wie ein amorphes Glas verhält, sich aber von einem solchen dadurch unterscheidet, „daß sie nicht absolut strukturlos erscheint, sondern vielmehr in ihrer gesamten oder nahezu gesamten Ausdehnung aus allerkleinsten Fäden, Schuppen, Körnern oder Körnerhaufen und anderen Verwachsungs- und Verbindungsformen zusammengesetzt ist“.

112. Mikrofluidalstruktur. Eine besondere Erwähnung verdient hier eine, wennauch zuweilen makroskopisch bemerkbare, doch vorwiegend mikroskopische Strukturform, welche mit Rücksicht auf ihre Entstehung durch Bewegung der noch weichen Gesteinsmasse Fluidalstruktur (Fluktuationsstruktur) genannt wurde. Man beobachtet nämlich in vielen natürlichen Gläsern (Obsidian) und anderen aus einem Schmelzflusse entstandenen Gesteinen, z. B. Trachyten ꝛc., daß die mikroskopischen Krystalle und die Mikrolithen mit ihrer Längsaxe parallel angeordnet in Strömen und Schwärmen durch das Gestein verteilt sind und die größeren Ausscheidungen umfließen oder an denselben sich spalten, als ob sich die größeren Individuen ihrer Bewegung in den Weg gestellt hätten. Besser als jede Beschreibung wird Fig. 20 S. 59 diese Verhältnisse erläutern.

III. Absonderungsformen der krystallinen Gesteine.

113. Erklärung. Wenn ein Gestein aus dem feuerflüssigen Zustand in den festen übergeht, so kontrahiert es sich. Die Folge davon sind Spalten, welche oft erst bei der Verwitterung oder nach mechanischer Einwirkung auf das Gestein sichtbar werden. Je nach der größeren oder geringeren Regelmäßigkeit, mit welcher sie das Gestein durchsetzen, läßt sich dasselbe in mehr oder weniger regelmäßige Stücke zerschlagen oder erscheint es von selbst oder nach der Verwitterung, die natürlich besonders an solchen Spalten sichtbar wird, in oft merkwürdigen Absonderungsformen.

114. Unregelmäßig polyedrische Absonderung. Sie entsteht dadurch, daß ganz unregelmäßige Spalten das Gestein nach allen Richtungen hin durchsetzen, wodurch dasselbe in ebenflächig unregelmäßig begrenzte Stücke zerfällt. Eine der häufigsten Absonderungsformen älterer und jüngerer Eruptivgesteine.

115. Kubische Absonderung. Dabei zerfällt das Gestein in kubische (oder auch polyedrische) Stücke. Bei der Verwitterung

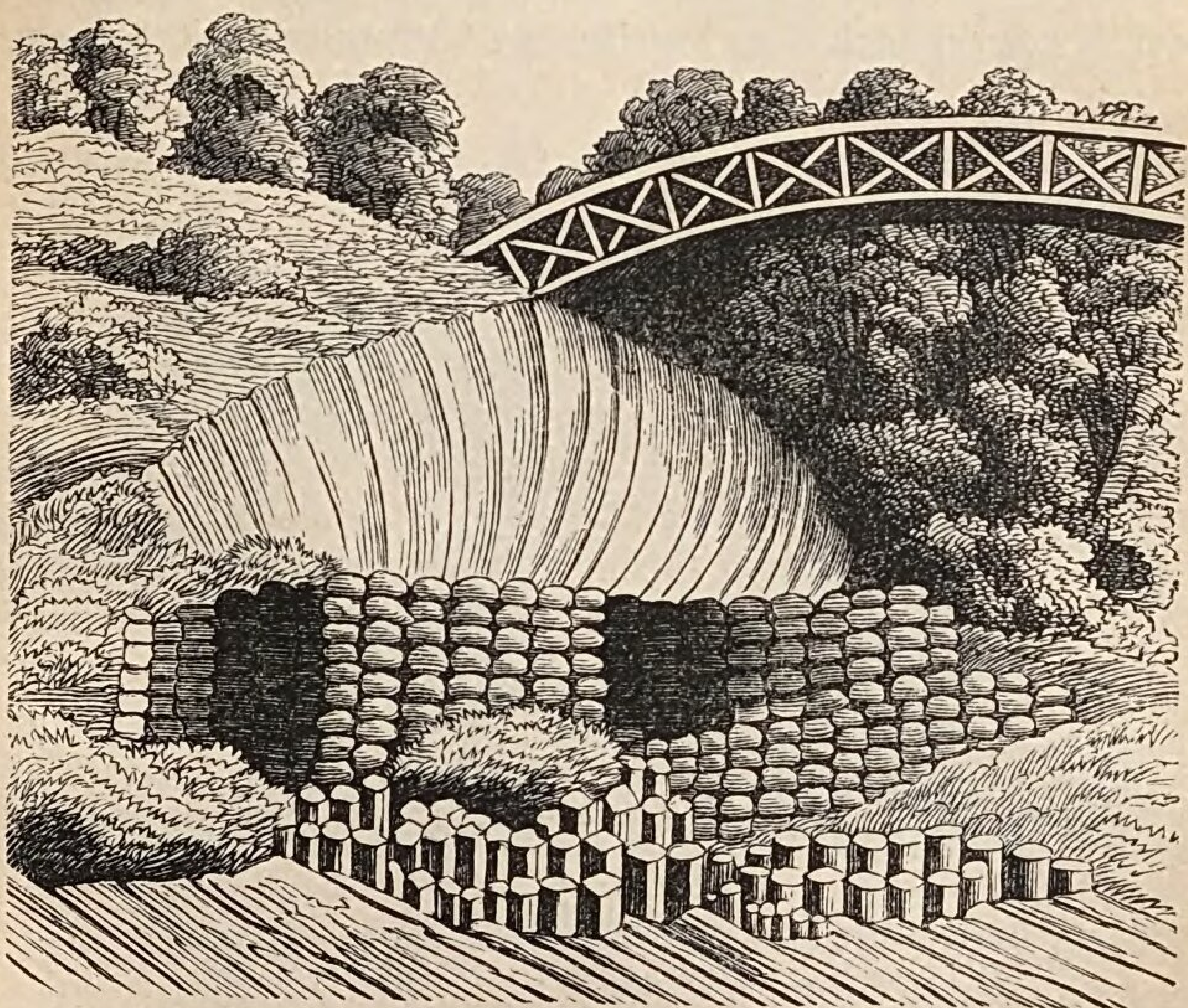


Fig. 21.

runden sich die Kanten ab, wodurch Formen entstehen, welche übereinanderliegenden Mehlsäcken ähnlich sehen (sackförmige Absonderung). Granite.

116. Plattenförmige Absonderung. Die Spalten sind unter sich parallel und durchsetzen das Gestein in meist nicht bedeutenden Zwischenräumen und häufig in der Richtung parallel der Oberfläche, so daß aus dem Gestein sehr leicht gewöhnlich schön ebenflächige Platten gebrochen werden können. Diese Ab=

sonderungsform giebt massigen Gesteinen zuweilen das Ansehen von geschichteten. Manchmal an Graniten, Porphyren und sehr schön an Basalten und Phonolithen.

117. **Säulenförmige Absonderung.** Sie ist eine der schönsten Absonderungsformen; dabei entstehen gerade oder etwas gekrümmte zuweilen bis an 100 m lange und 7 m breite fünf- bis sechsseitige Prismen (Säulen), welche in der Regel auf der Oberfläche des erstarrten Gesteins senkrecht stehen. Die Winkel der Prismenflächen sind verschieden. Manchmal findet eine

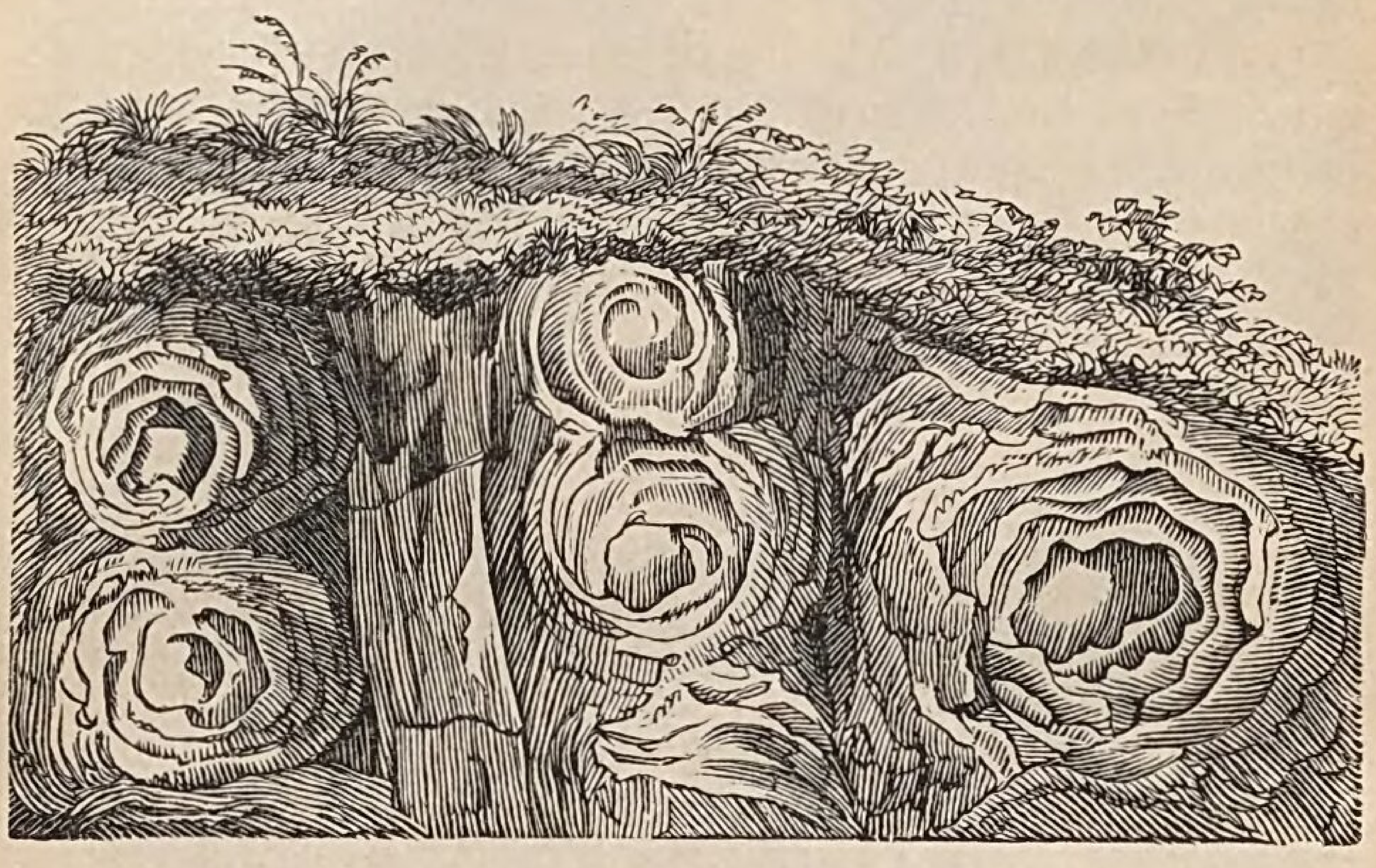


Fig. 22.

Querabsonderung statt, so daß die Säulen in zahlreiche Stücke zerfallen. Besonders schön bei Basalten, dann aber auch bei Trachyten und Porphyren zu beobachten (vergl. Fig. 21 S. 61).

118. **Kugelförmige Absonderung.** Findet sich bei zahlreichen Eruptivgesteinen, besonders bei Diabasen, Porphyren, Basalt und Trachyt u. a. Die Kugeln, welche meist erst bei der Verwitterung hervortreten, zeigen zuweilen konzentrisch schalige Struktur (vergl. Fig. 22).

Aus kleinen Kugeln ist der sogenannte Kugeldiorit von Corsica aufgebaut. Aehnliche Bildungen finden sich auch in manchen Porphyren (Tirol) und Graniten.

IV. Strukturformen der klastischen Gesteine.

119. Erklärung. Die Strukturmodifikationen der klastischen Gesteine werden vorzüglich durch das Größenverhältnis der Gesteinsbruchstücke bedingt. Mit Rücksicht darauf zerfallen die klastischen Gesteine in Psephite, Psammite und Pelite. Alle diese Gesteine zeigen ein mehr oder weniger vorwaltendes oft fast ganz zurücktretendes Zement (Bindemittel), welches die einzelnen Bruchstücke verkittet. Fehlt dieses gänzlich, so werden die losen Gesteinsmassen mit dem Namen Schutt, Gerölle, Geschiebe bezeichnet.

120. Psephite. Die Bruchstücke sind größer als eine Haselnuß. Dabei unterscheidet man Konglomerate, wenn die verkitteten Bruchstücke abgerundet sind, und Breccien, welche aus verkitteten eckigen Bruchstücken bestehen. Interessant sind die Eindrücke, welche manche Geschiebe von anderen Geschieben zeigen. Man hat zur Erklärung dieser Erscheinung teils auf die auflösende Wirkung des Bindemittels, teils auf den Druck oder auch auf eine gewisse Plastizität, in welcher sich die Gerölle befunden haben sollen, und andere Ursachen hingewiesen.

121. Psammite. Hieher gehören die Sandsteine. Die zusammensetzenden Bestandteile sinken von Erbsengröße bis zur Grenze des mit freiem Auge wahrnehmbaren herab. Manchmal gehören die Körner einem einzigen Minerale an (Quarz), häufig aber verschiedenen Mineralien und Gesteinen. Da das Bindemittel oft sehr zurücktritt und die einzelnen Bruchstücke oft eine sehr scharfkantige Gestalt besitzen, so ist eine Verwechselung mit einem krystallinen Gesteine zuweilen leicht möglich.

122. Pelite. Ist ein Gestein aus schlamm- und staubähnlichen Teilen älterer Gesteine zusammengesetzt, so heißt seine Struktur eine pelitische. Die Dimensionen der zusammensetzenden Elemente sind oft so winzig, daß selbst das Mikroskop über ihre Natur keinen sicheren Aufschluß giebt. Selbstverständlich ist es hier noch schwieriger das Zement anders als auf chemischem Wege aufzufinden. Die hieher gehörigen Gesteine zeigen häufig schiefrige Struktur (Thonschiefer, Schieferthon).

Dialytische oder limmatische Gesteine werden jene genannt, welche durch Zersetzung anderer, krystalliner oder klastischer Gesteine entstanden sind (Kaoline, Thone).

123. Schutt, Gerölle, Geschiebe, Gruß, Sand sind Bezeichnungen für Bruchstücke älterer Gesteine, welche nicht durch ein Zement verbunden sind. Hieher sind auch die vulkanischen Aschen und Lapilli (Rapilli) zu rechnen, d. h. Gesteinsfragmente, welche bei Gelegenheit einer vulkanischen Eruption emporgeworfen wurden und aus mehr oder weniger fein zerriebenen in der Tiefe entstandenen Gesteinsbrocken bestehen.

V. Absonderungsformen der klastischen Gesteine.

124. Erklärung. Der Grund der verschiedenen Absonderungsformen liegt hier in der Austrocknung der Gesteine und im

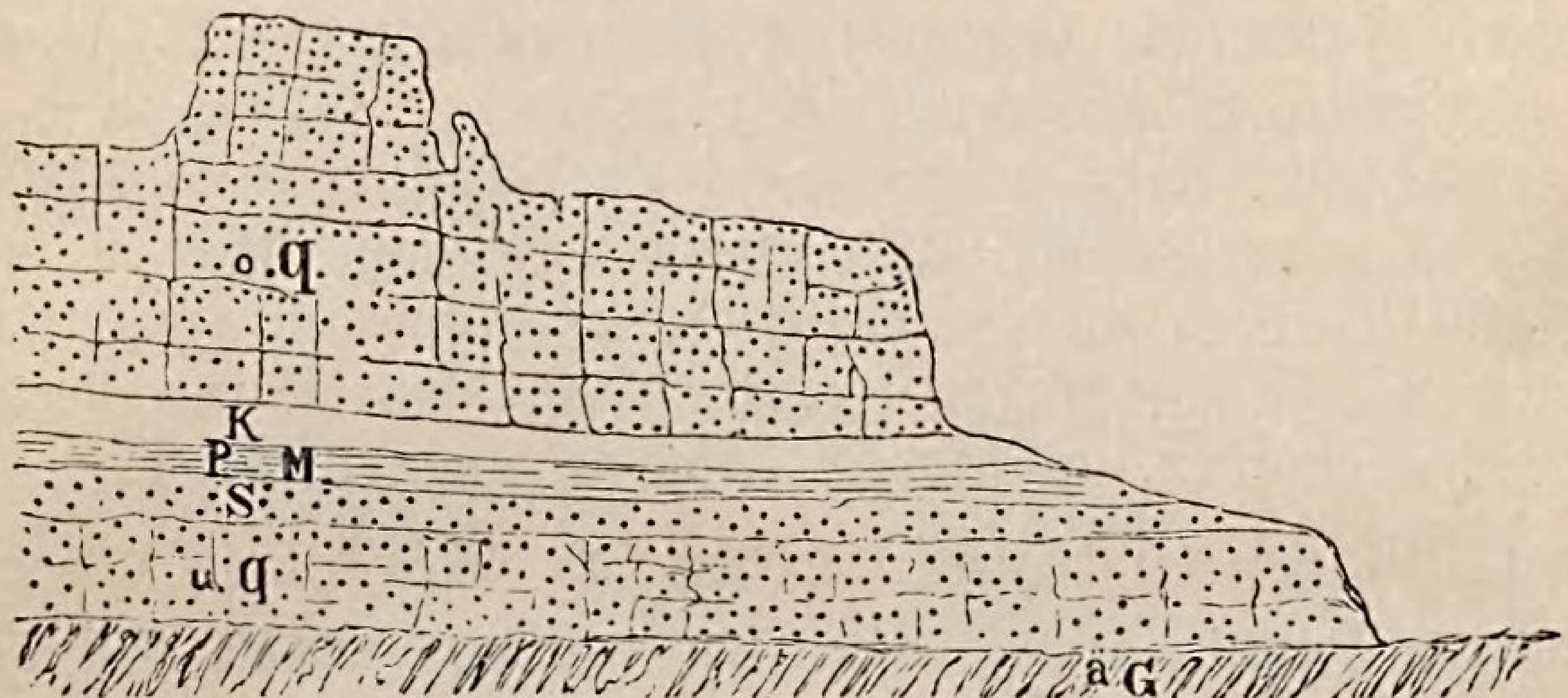


Fig. 23.

äußeren Druck. Besonders deutliche Absonderungsformen zeigen Sand- und Thonsteine. Wenn sich auch alle bei den Eruptivgesteinen aufgezählten Formen hier wiederfinden, so sind es doch vorwaltend die unregelmäßige und die kubische Absonderung, welche besondere Erwähnung verdienen. Die unregelmäßige findet sich bei allen Thongesteinen und bei vielen Tuffen; schöne kubische Absonderung zeigen die sogenannten Quadersandsteine (vergl. Fig. 23) der Kreideformation; plattenförmige Absonderungen finden sich meist parallel der Schichtung.

125. Transversalschieferung. Eine eigentümliche Absonderungsform ist die sogenannte transversale Schieferung, welche namentlich die Thonschiefer in ausgezeichneter Weise zeigen. Die Erscheinung besteht darin, daß eine Schieferung das Gestein durchsetzt, welche nicht mit der Schichtung parallel läuft, sondern

sie unter irgend einem Winkel durchschneidet. Oft ist die eigentliche Schieferung beinahe vollständig verwischt, manchmal aber auch sehr gut erhalten, wodurch die sogenannte griffelförmige Absonderung entsteht (Griffelschiefer). Da die Transversalschieferung nur an stark gestörten Schichten auftritt und dann

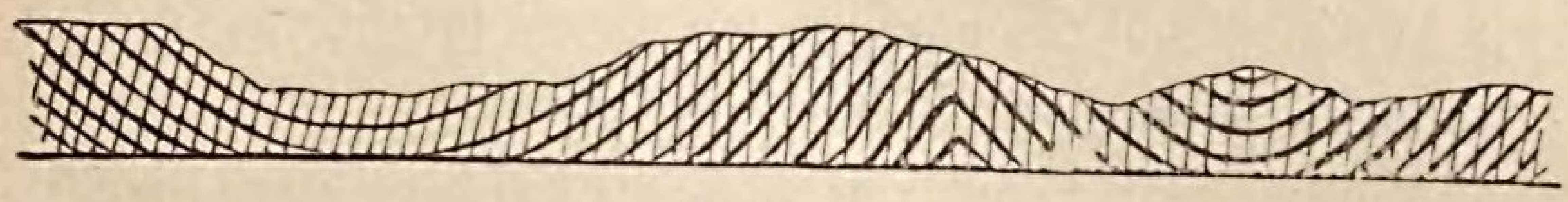


Fig. 24.

mit großer Konstanz in gleicher Richtung durch alle Biegungen und Faltungen des Gesteins hindurchsetzt (vergl. Fig. 24), so hält man sie für eine Folge des Druckes, welcher die Schichtenstörung hervorgerufen hat, eine Annahme, welche durch den direkten Versuch (in Lehm unregelmäßig eingestreute Glimmerplättchen wurden durch seitlichen Druck alle unter sich parallel und senkrecht auf die Druckrichtung gestellt) bestätigt wurde.

C. Physikalische und chemische Eigenschaften.

126. Erklärung. Die hier in Betracht kommenden physikalischen Eigenschaften der Gesteine sind Bruch, Härte, Farbe, Glanz, Schmelzbarkeit und spezifisches Gewicht. Mit Ausnahme der letzten Eigenschaft treten sie gegenüber den physikalischen Eigenschaften der einzelnen zusammensetzenden Mineralien nur bei jenen Gesteinen in den Vordergrund, in welchen die Gemengteile zu solcher Kleinheit herabsinken, daß nicht jeder einzelne dem Auge sich sofort mit seinen speziellen Eigenschaften präsentiert, also in den kryptomeren Gesteinen. Hier stellt sich das Gestein (das Handstück) als solches gewissermaßen als Individuum dar und kann auf seine Eigenschaften geprüft werden. Spezifisches Gewicht und die chemische Zusammensetzung sind aber auch bei den phaneromeren Gesteinen für die Beurteilung des mineralogischen Bestandes wertvolle Größen.

127. Konsistenz, Härte, Bruch. Die größere oder geringere Festigkeit eines Gesteins hängt natürlich zunächst von der Natur

der zusammensetzenden Bestandteile und von seiner Struktur, aber auch von dem Grade der Zersetzung, welcher das Gestein anheimgefallen ist, ab. Die krystallinen gemengten Massengesteine sind unzersetzt meist sehr kompakt und hart, von splitterigem, unebenem oder muscheligem Bruch und geben je nach ihrem Gehalt an freier Kieselsäure mit dem Hammer Funken; doch giebt es auch unter ihnen solche, welche infolge ihrer porösen, blasigen und schlackigen Struktur selbst im unzersetzten Zustande alle diese Eigenschaften nicht zeigen, leicht zerschlagen und zerrieben werden können, deren Pulver jedoch stets eine bedeutende Härte zeigt. Sedimentäre und besonders klastische Gesteine zeigen gewöhnlich geringere Härte, manchmal eine erdige (Kreide), oft leicht zerreibliche Beschaffenheit (Thone) mit mattem, unebenem Bruche und niedriger Härte. Krystalline einfache Gesteine zeigen natürlich dieselben physikalischen Eigenschaften, wie das Mineral, aus dem sie bestehen. Alle Gesteine können aber durch den Einfluß der Atmosphärilien verwittern (zersetzt werden), woraus eine poröse, erdige und zerreibliche Beschaffenheit resultiert. Selbst die quarzreichsten Gesteine können durch Verwitterung der übrigen Bestandteile in Sand und Gruß zerfallen, in welchem nur die Quarzkörner und -krystalle unverletzt zurückgeblieben sind, und es ist wohl denkbar, daß manche vorwiegend aus Quarzkrystallen und -körnern bestehenden Sandsteine einer derartigen Zersetzung quarzführender Gesteine, deren übrige aufgelöste Bestandteile nach und nach weggeführt worden sind, ihr Dasein verdanken.

128. **Farbe, Glanz.** Nur kryptomere Gesteine zeigen eine einheitliche Farbe und gleichmäßigen Glanz. Die Farbe eines Gesteines ist zunächst von der Farbe der mineralischen Gemengteile, dann aber auch von winzigen, oft staubähnlichen Gebilden und Pigmenten, welche die Gesteinsmasse gewissermaßen imprägnieren, oder von zahlreichen gefärbten Glaspartikeln und dergleichen abhängig. Verändert wird die Farbe durch Zersetzung, wodurch manche Gesteine gebleicht, andere durch Oxydation des Eisens gelb, braun, rötlich gefärbt werden. Erdige Gesteine sind matt, sehr fein krystallinische zeigen bei Bewegung des Handstückes im auffallenden Lichte ein Aufblitzen von, wennauch sehr winzigen, Krystallflächen. Glasige Gesteine zeigen Glas-, häufiger Fettglanz. Durch die Verwitterung wird der Glanz selbstver-

ständlich ebenfalls geändert. Eine gewisse Pellucidität zeigen nur hyaline und porodine Gesteine.

129. **Schmelzbarkeit.** Sie hängt selbstredend von der Zusammensetzung des Gesteins ab. Bei aphanitischen Gesteinen bietet sie gewisse Anhaltspunkte für Schlüsse auf die Natur der zusammensetzenden Elemente. So kann eine verhältnismäßig leicht schmelzende Gesteinsmasse nicht Quarz enthalten; gewisse Feldspathe werden an ihrem Schmelzbarkeitsgrade ziemlich leicht unterschieden; harte, unschmelzbare Gläser dürften viel Kieselsäure enthalten u. dergl.

Die übrigen physikalischen Eigenschaften, wie Elastizität, Magnetismus, Elektrizität, Wärmeleitung 2c., finden kaum eine bemerkenswerte Verwendung bei der Charakteristik der Gesteine.

130. **Spezifisches Gewicht.** Die Bestimmung des spez. Gewichtes findet bei gewissen Gesteinen eine Verwendung zur Feststellung des relativen Mengenverhältnisses der Gemengteile. Bei Gesteinen mit nur zwei Gemengteilen, deren spezifisches Gewicht möglichst differiert, kann folgende Formel zur Berechnung dieses Verhältnisses dienen:

$$\frac{v}{v'} = \frac{G - g'}{g - G},$$

wobei v und v' die relativen Mengen der Bestandteile, g und g' ihr spezifisches Gewicht und G das spezifische Gewicht des Gesteines bezeichnet.

Bei Gesteinen mit mehr Gemengteilen kann die Kenntnis des spezifischen Gewichtes des Gesteines in Verbindung mit den Resultaten der chemischen Analyse von Wert für die Bestimmung dieses Mengenverhältnisses sein, da das spez. Gewicht eines Gemenges dem des vorwaltenden Gemengteiles jedenfalls am nächsten liegen wird. Bei Silicatgesteinen gilt der Satz, daß mit Zunahme des Kieselsäuregehaltes das spez. Gewicht abnimmt.

131. **Bauschalanalyse.** Die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung eines Gesteines hat nicht den Zweck, eine chemische Formel zu finden, durch welche etwa dasselbe vollkommen bestimmt und von anderen unterschieden werden kann, wie dies bei Mineralien (abgesehen von der Dimorphie) der Fall ist. Zahlreiche Analysen haben ergeben, daß Gesteine von der verschiedensten mineralischen Zusammensetzung chemisch nahezu gleich zusammengesetzt sind. Wohl aber kann die chemische Analyse in

Verbindung mit morphologischen und physikalischen Beobachtungen Aufschluß über die Natur der Gemengteile, sowie über ihr Mengenverhältnis gewähren. Am besten gelingt dies begreiflicherweise in dem Falle, wo eine mechanische Trennung der Gemengteile (z. B. durch Schlemmen) und so eine gesonderte Analyse derselben möglich ist. Wo dies nicht geschehen kann, werden Bauschalanalysen des fein gepulverten und gut gemengten Gesteins ausgeführt.

Dieselben haben ergeben, daß ebenso, wie nur verhältnismäßig wenige Mineralien an der Gesteinsbildung teilnehmen, auch nur eine geringe Zahl von Grundverbindungen auftreten. Dieselben sind für die gemengten Gesteine: Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und -oxydul, Kalk- und Bittererde, Kali und Natron, zuweilen etwas Wasser, Spuren von Kohlensäure und geringe Mengen anderer Stoffe (Mangan, Phosphorsäure rc.). Hervorragende chemische Bestandteile einfacher Gesteine sind außer schon oben genannten: Kohlensäure (im Kalkstein), Schwefelsäure (im Gips und Anhydrit), Chlornatrium (im Steinsalz), der Kohlenstoff (in den Kohlen) und das Wasser (als Eis).

Genaueres darüber, wie aus den Analysenresultaten auf das Mengenverhältnis der Bestandteile geschlossen wird, findet sich in Zirkels „Lehrbuch der Petrographie" I, S. 412 ff.

132. **Saure und basische Gesteine.** Von besonderer Wichtigkeit ist die Bestimmung der Kieselsäure in den feldspathführenden, gemengten Eruptivgesteinen. Ihr Quantitätsverhältnis zu den Basen dient als Grund einer Einteilung der Gesteine in saure, wenn der Kieselsäuregehalt ca. zwischen 60 und 80 % liegt, und basische, mit einem Kieselsäuregehalt unter 60 %. Die sauren Gesteine enthalten in der Regel freie Kieselsäure als Quarz ausgeschieden und die kalkarmen, kalireichen Feldspathe mit wenig eisenhaltigen Mineralien, während die basischen keinen oder nur höchst selten Quarz enthalten und reich an kalkhaltigen Feldspathen und Eisenverbindungen sind, welche dann meist ihre dunklen Farben bedingen.

133. **Mischungstheorieen.** Zur Erklärung der verschiedenen Gesteine, welche zwischen den extrem sauren und extrem basischen liegen, nahm Bunsen an, daß im Innern der Erde in gesonderten Herden sich zwei verschieden konstituierte Normalschmelzflüsse befinden, von denen der eine, kieselsäurereiche normal-

trachytisch, der andere, kieselsäurearme „normal-pyroxenisch genannt wird. Durch Mischung dieser beiden extremen Glieder sollen die verschiedenen Gesteine, deren Kieselsäuregehalt stets zwischen diesen beiden äußersten Grenzen liegt, entstanden sein.

Nach Sartorius von Waltershausen entspringen diese beiden Normalmassen nicht getrennten Herden, sondern sie seien nur Endglieder einer stetig von außen gegen das Erdzentrum an Dichte immer mehr zunehmenden und daher verschieden zusammengesetzten glutflüssigen Masse. Demnach sind die verschiedensauren Gesteine aus verschiedenen Tiefen emporgedrungen.

D. Systematik der Gesteine.

134. Schwierigkeiten. Wenn, wie in der organischen Welt, die Natur bei der Bildung und Entwickelung der Körper gleichsam von selbst nach gewissen Prinzipien waltet, so hat das forschende Auge gewöhnlich geringere Schwierigkeiten in der Bei- und Unterordnung der vorliegenden Erscheinungen. Anders ist dies dann, wenn sozusagen zufällig aus dem Chaos der Stoffe Körper bloß nach Maßgabe der eben obwaltenden Verhältnisse sich bilden, wie dies in der unorganischen Natur geschieht. Zwar besteht hier innerhalb gewisser Grenzen, in welchen sich äußere Einflüsse geltend machen, ein viel innigerer Zusammenhang zwischen Stoff und Form, als in der organischen Welt, so daß Körper gewöhnlich schon durch ihre chemische Zusammensetzung bestimmt sind, aber die Zugehörigkeit und Abhängigkeit eines Individuums von einem größeren Ganzen ist nirgends in der Weise ausgesprochen, wie in letzterer. Die mineralogischen Systeme sind daher sämtlich künstliche.

Doch ist das Mineralindividuum durch die Homogenität der Substanz und die mit ihr wesentlich verknüpfte Form scharf begrenzt und bestimmt und kann als Ausgangspunkt des Systems dienen. Anders ist es bei den Gesteinen als Mineralaggregaten. Hier fehlt sowohl die innere Homogenität der Masse als auch eine wesentliche äußere Form, welche überall nur das Produkt zufälliger äußerer Grenzen ist. Wollte man aber auch als Einheiten des Systems lokal abgelagerte, wennauch zufällig begrenzte, aber doch durchaus gleichartige Mineralgemenge an-

sehen, so findet man, daß nicht einmal diese überall gegeben sind. So ändert sich oft in einer Gesteinsmasse durch Zurücktreten und Neuhinzukommen eines Gemengteiles der Bestand wesentlich; andererseits bleibt sich häufig auch die Struktur des Gemenges nicht durch die ganze Gesteinsmasse gleich, und doch muß derselben eine sehr hervorragende Stelle bei der Bestimmung der Wesenheit eines Gesteines eingeräumt werden.

135. Gesteinstypen. Man mußte daher, um zu einem System zu gelangen, erst die Einheiten schaffen, das heißt man stellte sogenannte Gesteinstypen auf, worunter nichts anderes zu verstehen ist, als eine gewisse Summe von Eigenschaften, welche mit einem gemeinsamen Namen belegt werden. Ein solcher Gesteinstypus ist z. B. Granit = massiges, krystallines Gestein, bestehend aus einem körnigen Gemenge von Orthoklas, Quarz und Glimmer (das eine bestimmte Altersgrenze in den geologischen Formationen nicht überschreitet). Ein Gestein mit diesen wesentlichen Eigenschaften kann außerdem beliebige Eigentümlichkeiten in accessorischen Gemengteilen, Korn, Farbe und dergl. zeigen, ohne den Namen Granit zu verlieren. Diese Eigentümlichkeiten werden nur Varietäten zu erzeugen imstande sein. Ein Gesteinstypus ist real, wenn er sich vollkommen rein in der Natur findet, ideal, wenn er nirgend in vollkommener Form ausgeprägt ist.

136. Mittelglieder und Uebergänge. Gesteine, welche, sei es mit Rücksicht auf ihre abweichende Zusammensetzung, sei es infolge von Strukturverschiedenheiten, unter keinem der einmal festgestellten Typen untergebracht werden können, heißen Mittelglieder. Von Uebergängen dagegen spricht man dann, wenn in einem und demselben Gesteinskomplex entweder durch Ein- oder Austritt von Gemengteilen oder auch durch Veränderungen der Struktur allmählich sich eine Annäherung an einen anderen Gesteinstypus bemerklich macht, wie dies sowohl in Eruptiv- und klastischen Gesteinen als auch zwischen beiden Gruppen zu beobachten ist.

137. Einteilungsprinzipien. Die Gesteinstypen werden besonders mit Rücksicht auf den mineralogischen Bestand, aber auch unter Beachtung der Strukturverhältnisse gewonnen. Für die nächste Gruppenbestimmung wurden häufig wieder die Zusammensetzung und die Strukturverhältnisse maßgebend, so bei

den massigen Gesteinen, wo man z. B. feldspathführende, und unter diesen wieder solche mit vorwaltendem Orthoklas und Plagioklas, und feldspathfreie unterscheidet, oder bei der Trennung in körnige, porphyrische und glasige Eruptivgesteine u. dergl. Größere Abteilungen ergeben sich nur mit Rücksicht auf die Strukturverhältnisse, wie die Einteilung der Gesteine in massige, schiefrige und geschichtete 2c.; sehr häufig wird hier aber auf rein hypothetische Eigenschaften, wie Bildungsart und Alter (Einteilung in Eruptivgesteine — metamorphe Schiefer — Sedimentärgesteine, oder in ältere und jüngere Eruptivgesteine u. s. w.), Bedacht genommen, ein Vorgang, welcher mit Rücksicht auf die Unsicherheit, welche in der Bestimmung dieser Verhältnisse noch besteht, wenig Nachahmung verdient.

138. **Hauptzüge des Systems.** Die im folgenden benutzte Einteilung ist im wesentlichen die von Zirkel in seinem Lehrbuche der Petrographie gewählte, wobei jedoch in Anbetracht der immer mehr sich steigernden Wichtigkeit der mikroskopischen Untersuchung besonders der Eruptivgesteine diese letzteren mit einigen Vereinfachungen und Zusammenziehungen nach Rosenbusch („Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine") geordnet wurden.

Darnach zerfallen die Gesteine zunächst in ursprüngliche, protogene (krystalline), und deuterogene (oder klastische). Bei den ersteren ist Gestein und Gesteinsmaterial zu gleicher Zeit entstanden und sie sind entweder unverändert oder durch verschiedene Einflüsse (Druck, Atmosphärilien u. dergl.) verändert (metamorphosiert) auf uns gekommen; das Material der letzteren stammt aus der Zertrümmerung älterer, ursprünglicher oder selbst schon deuterogener Gesteine.

Die krystallinen Gesteine werden dann wieder, jenachdem sie wesentlich nur aus einem Minerale oder aus einem Gemenge mehrerer bestehen, in einfache und gemengte unterschieden. Die Unterabteilungen der einfachen Gesteine werden nach ihrem chemischen Bestande gefunden. Die weitere Gruppierung der gemengten krystallinen Gesteine geschieht mit Rücksicht auf ihre Struktur, wonach sie in nichtschiefrige oder massige und schiefrige zerfallen.

Bei der Gruppierung der klastischen Gesteine ist ein durchgreifendes Einteilungsprinzip schwer durchzuführen, weil

dadurch meist sehr verwandte Gesteine in den verschiedensten Gruppen untergebracht werden müßten. Um dies möglichst zu vermeiden, wurden im folgenden die hiehergehörigen Gesteine abweichend von Zirkel nach Entstehung, Struktur und Bestand in drei Gruppen zusammengestellt. Dieselben sind:

1. Vulkanogene, klastische Gesteine; Bildungen, welche mit der Entstehung der eruptiven Gesteine im innigsten Zusammenhange stehen.

2. Feste Zusammenschwemmungsgebilde (Psephite, Psammite, Pelite); Ablagerungen, entstanden mit Hülfe des Wassers aus in der Regel durch ein deutliches Bindemittel verkitteten Bruchstücken älterer Gesteine.

3. Lose Haufwerke, ohne Bindemittel, von gleicher Abkunft wie die unter 2. genannten Gesteine.

Zweiter Teil.

Spezielle Petrographie.

139. Erklärung. Die Aufgabe der speziellen Petrographie ist die Einzelbeschreibung der Gesteine mit Rücksicht auf ihren Bestand, ihre Struktur, geologische Stellung und Verbreitung. Die Behandlung der Mikrostruktur ist besonders bei den krystallinen gemengten Gesteinen von Bedeutung; das gleiche gilt von der chemischen Zusammensetzung. Die Behandlung der geologischen Stellung und der Verbreitung der Gesteine mußte, nicht weil sie etwa von untergeordneter Bedeutung ist, sondern wegen der dieser Arbeit gesteckten Grenzen, in den Hintergrund treten. Doch läßt sich aus der ausführlicheren Behandlung, die einem Gesteine zuteil wurde, auf seine größere geologische Wichtigkeit und Verbreitung schließen. Die technische Verwendung der Gesteine ist selbstverständlich nicht Gegenstand einer theoretischen Gesteinskunde Absonderungs- und Lagerungsformen der verschiedenen Glieder größerer Gruppen sind gewöhnlich einander so ähnlich, daß ihre summarische Behandlung im ersten und dritten Teile mit einigen beiläufigen Andeutungen in diesem vollkommen genügt. — Eine Uebersicht der Details des Systems giebt das Inhaltsverzeichnis.

I. Einfache Gesteine.

a) Eisgesteine.

140. Eis. Ist die feste Aggregationsform der Verbindung H_2O, einer Verbindung, welche in flüssiger Form als W a s s e r,

in Gasform als Wasserdampf wohl die wichtigste Rolle im Prozesse des Werdens und der Forterhaltung unseres Planeten spielt. Die beiden Hauptformen, in welchen das Eis als Gestein am Aufbau der Erdveste teilnimmt, sind das Schneeeis und das Wassereis, zwei Formen, welche sowohl in Bezug auf Entstehung als auch Struktur verschieden sind.

a) Das Schneeeis. Es erscheint in drei Modifikationen, als Schnee, Firn und Gletschereis. Als Schnee fällt das erstarrte atmosphärische Wasser zur Erde und bildet dort im Winter, auf Hochgebirgen und in den Polargegenden das ganze Jahr hindurch ausgedehnte Ablagerungen. Die Schneeflocken bestehen aus ineinandergeflochtenen, nadelförmigen, mitunter zu schön sechsseitigen Sternen gruppierten Eiskrystallen. Diese Schneeablagerungen wandeln sich durch den Einfluß der warmen Sonnenstrahlen auf Hochgebirgen (von etwa 3300 m abwärts) zu Firn (Firneis, Oolithisches Eis, Körnerschnee) um. Der Firn besteht aus rundlichen blendend weißen, porösen Eiskörnchen, welche entweder lose neben einander liegen, oder durch gefrorenes Wasser verkittet sind. Aus dem Firn geht in tieferen Regionen (etwa unter 2500 m) das eigentliche Gletschereis hervor. Es besteht aus unmittelbar mit einander verschmolzenen Firneiskörnern, welche gegen das untere Ende des Gletschers immer größere Dimensionen zeigen. Als ganzes zeigt das Gletschereis eine Art Schichtung, welche von verschieden gefärbten, weißen, luftblasenreichen und bläulichen, blasenarmen Bändern durchquert wird. Zahlreiche Haarspalten durchsetzen netzförmig die ganze Gesteinsmasse. Die Farbe ist in größeren Massen eine bläuliche.

Eis bildet in Hochgebirgen ausgedehnte Lager, von denen sich Ströme oft in bedeutende Tiefen in die Thäler hinab ziehen. Ueber Bau, Ausdehnung und geologische Bedeutung der Gletscher vergleiche die Geologie.

b) Wassereis entsteht durch Abkühlung der Gewässer an ihrer Oberfläche und schwimmt auf denselben, da es spezifisch leichter ist als Wasser. Es zeigt meist deutliche Schichtung und Parallelfaserung senkrecht zur Oberfläche; es ist rein durchsichtig und in größeren Massen grünlich. Das sogenannte Grundeis ist ein poröses, schwammiges, aus Eisnädelchen bestehendes Eis, welches auf dem Grunde der Gewässer entsteht, wo es durch Verunreinigungen mit Sand und Geschieben grau und schmutzig wird.

Das Wassereis wird als Süßwassereis und Meereis unterschieden; letzteres ist häufig mit Salz verunreinigt.

b) Haloidgesteine.

141. Steinsalz. Das Steinsalz besteht wesentlich aus dem Mineral Kochsalz mit mehr oder weniger bedeutenden Beimengungen anderer Haloidsalze und Sulfate (Chlormagnesium, Chlorcalcium, Chlorkalium; Kieserit, Kainit, Polyhalit). Es besitzt entweder körnige oder faserige und blätterige Struktur und läßt sich entsprechend der Spaltbarkeit des Kochsalzes nach Hexaëderflächen leicht in rechtwinklig parallelepipedische Stücke zerschlagen. Häufig enthält es Hohlräume, welche mit Gasen erfüllt sind, die beim Auflösen mit knisterndem Geräusche (daher Knistersalz) entweichen. Andere dieser Hohlräume enthalten Chlornatriumlösungen. Rein farblos, ist es oft durch Eisenoxyd rot, durch Chlorkupfer und Kupfergrün blau oder grün gefärbt, bituminöse Substanzen färben es grau.

Es löst sich leicht in Wasser (Salzsoolen), gegen dessen Einwirkung es durch Thon- und Gipslager, im Hangenden und Liegenden, geschützt ist. In dieselben geht es häufig durch Verunreinigung mit Thon (Thonsalz und Salzthon) über.

Als Abraumsalze werden jene Ablagerungen bezeichnet, welche zuerst entfernt werden müssen, um zu den eigentlichen Salzlagern zu gelangen (Carnallit, Sylvin).

Salzablagerungen finden sich in allen Sedimentärformationen, besonders in der Trias und im Tertiär, meist in Stöcken und Lagern, verknüpft mit Thon, Gips, Anhydrit, Dolomit und Mergel.

Von den wichtigsten Vorkommnissen mögen folgende, dem Alter nach geordnete angeführt werden:

Steinkohlenformation: Durham, Bristol 2c. in England.

Dyas: Staßfurt.

Trias: Hallein, Hall in Tyrol.

Tertiär: Wieliczka und Bochnia.

Jetztzeit: Totes Meer, großer Salzsee (Utah), Wüstensalz der Kirgisensteppe, in Arabien, Südamerika.

Ueber die Bildung der Steinsalzlager vergl. Dritter Teil.

142. Gips. Der Gips ist Kalksulfat mit zwei Molekülen Wasser. Das Gestein besteht wesentlich aus Gipsindividuen,

häufig verunreinigt mit Thon (Thongips) und gefärbt von Eisenoxyd und bituminösen Substanzen (Stinkgips), wodurch das sonst weiße Gestein braun, gelblich, grau, häufig wolkig (marmoriert) und gestreift erscheint.

Accessorisch finden sich Steinsalz, Carbonate, Anhydrit, Schwefel, ferner Borazit, Quarz, Glimmer, Pyrit und zahlreiche andere Mineralien.

Nach der Struktur unterscheidet man dichten oder körnigen Gips (Alabaster), späthigen, mit größeren Krystallflächen, faserigen mit Seidenglanz, in Trümern zwischen anderen Varietäten mit auf den Begrenzungsflächen senkrechten Fasern. — Als Unterschied von dem ähnlichen Kalkstein bemerke man, daß er mit Säuren nicht braust.

Gips findet sich überall und in allen Formationen vom Silur an, vorzüglich in der Trias, in Gesellschaft mit Steinsalz, Kalkstein und Mergeln und zwar in der Regel in Lagern und Stöcken, seltener in größerer Ausdehnung. In kleinerer Menge findet er sich auch als Absatz von Quellen.

143. **Anhydrit.** Derselbe ist ein fein- bis grobkörniges Aggregat des gleichnamigen Minerals, also wesentlich wasserfreies Kalksulfat. Er ist weiß, hellgrau, rötlich, bläulich. Von Gips unterscheidet er sich durch größere Härte und durch seinen Wassermangel, von dem ähnlichen Kalkstein durch den Mangel des Brausens bei Behandlung mit Säuren. Er kommt in denselben Formen wie Gips und meist mit ihm vergesellschaftet vor. Durch Wasseraufnahme geht er in Gips über.

144. **Kalkstein.** In der Geologie werden teils nach dem Alter (Kohlenkalk, Jurakalk), teils nach den eingeschlossenen Versteinerungen (Crinoideenkalk) oder auch nach Oertlichkeiten (z. B. Hallstädterkalk), verschiedene Kalksteine unterschieden; petrographisch sind dieselben entweder identisch oder nur als Varietäten anzusehen. Der Kalkstein ist wesentlich Kalkcarbonat und besteht aus einem Aggregat von Kalkspathindividuen oder auch aus nicht individualisierten, von Organismen ausgeschiedenen Kalkteilchen, oder aus beiden zugleich. Alle Kalksteine enthalten mehr oder weniger bedeutende Beimengungen isomorpher Magnesia-, Eisen- und Mangancarbonate. Als Verunreinigungen erscheinen Quarz, Thon und Bitumen, welche Abweichungen in Konsistenz und Farbe bedingen. Rein ist der

Kalkstein weiß, durch Thonbeimengungen wird er grau, durch Eisenoxyd braun und gelb, durch Bitumen schwarz gefärbt.

Accessorisch finden sich zahlreiche Mineralien, als accessorische Bestandmassen treten häufig Quarz in Adern und Nestern, Hornsteinknollen (in der Kreide), Petrefakten u. dergl. auf. Er braust mit Säuren, wodurch er von ähnlichen Gesteinen (Gips, Anhydrit) leicht unterschieden werden kann.

Nach der Struktur unterscheidet man:

a) Krystalliner Kalkstein (Marmor). Grob- bis feinkörnig, weiß, hellgrau, gelblich, rötlich oder gefleckt (marmoriert), kantendurchscheinend. Unter dem Mikroskop zeigen die Kalkspathkrystalle einen höchst charakteristischen Aufbau aus Zwillingslamellen (vgl. Fig. 25).

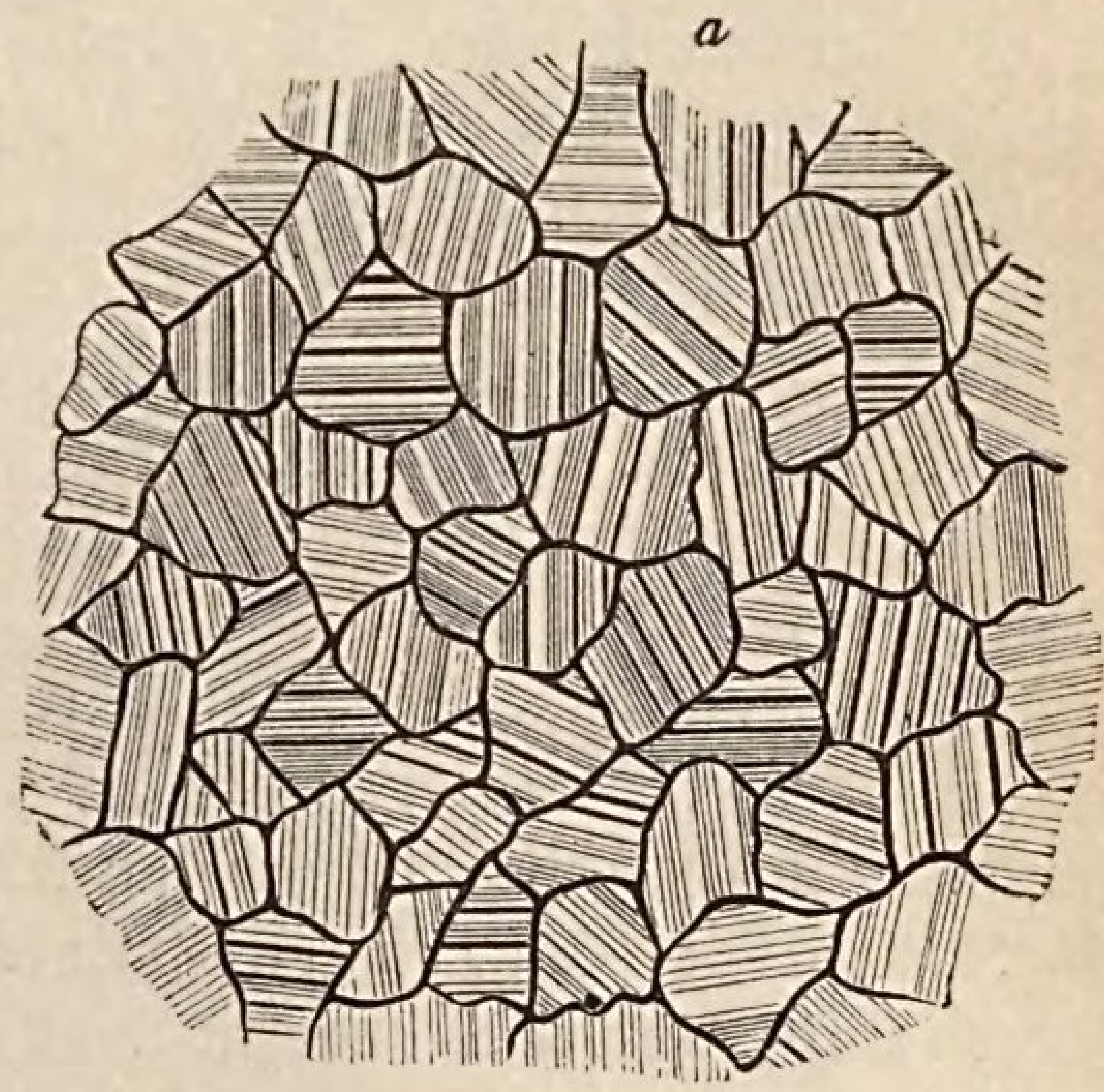


Fig. 25.

Accessorisch erscheinen sehr zahlreiche Mineralien (Quarz, Granat, Glimmer, Fluorit, Apatit, Pyrit, Graphit u. a. m.).

Meist massig, selten geschichtet, mit unregelmäßiger Zerklüftung.

Nach den accessorischen Gemengteilen hat man folgende Varietäten:

Cipollin, ein mit Glimmer und Talk gemengter, fast schieferiger Kalkstein.

Ophicalcit, ein sehr schönes Gestein, das von Serpentinadern durchzogen ist (Verde antico).

Hislopit, durch Glaukonit grün gefärbt.

Anthrakonit, durch Kohlenstoff schwarz gefärbt.

Calciphyr, durch eingesprengte Granate porphyrartig.

Krystallinischer Kalkstein erscheint in allen Formationen bis herauf zum Jura. Am ausgedehntesten findet er sich wechsellagernd mit den krystallinen Schiefern und im Kontakt mit Eruptivgesteinen, vorzüglich mit Granit.

Der sogenannte späthige Kalkstein ist ein ursprünglich von Organismen aufgebauter Kalkstein, welcher deutliche kry-

stalline Struktur angenommen hat (Trochiten- oder Encriniten-Kalk). Das Anfangsstadium solcher Kalke stellen auch wahrscheinlich unsere Austernbänke und Korallenriffe dar.

Kalksinter (Tropfstein) sind stalaktitische (von oben herabragende) und stalagmitische (von unten aufragende) zapfenförmige und in traubigen Krusten vorkommende Formen krystallinen Kalkes, welche Auskleidungen von Hohlräumen in Kalkgebirgen bilden.

b) Dichter Kalkstein (gemeiner Kalkstein) von sehr feinem, meist nur unter dem Mikroskope erkennbarem Korn. Häufig gefärbt, grau, gelblich, braun bis schwarz, mit mattem, flachmuscheligem Bruch, oft geädert und gefleckt. Sehr häufig gemengt mit Magnesiumcarbonat.

Unter den accessorischen Mineralien sind vorzüglich sulfidische Erze zu nennen. Reich an Versteinerungen.

Meist deutlich geschichtet; weit verbreitet in allen sedimentären Formationen.

Die Beimengungen veranlassen folgende Varietäten:

Dolomitischer Kalkstein, mit viel (bis 20 %) Magnesiumcarbonat. Vorherrschend dunkel gefärbt.

Kieseliger Kalkstein, mit viel Kieselsäure imprägniert, daher härter als die anderen Kalksteine. In der Regel Süßwasserbildung.

Thoniger Kalkstein (Mergelkalkstein), weicher, mit Thon verunreinigter Kalk.

Bituminöser Kalkstein (Stinkkalk), mit bedeutendem Bitumengehalt, infolge dessen er beim Erhitzen einen stinkenden Geruch giebt. Dunkle Farben.

Andere Varietäten sind: Schieferkalk, Grobkalk, glaukonitischer Kalk ꝛc.

c) Oolithischer Kalkstein. Aus kugeligen Kalkkörnern von konzentrisch-schaligem oder auch radial-faserigem Bau, meist mit einem fremdartigen Körper in der Mitte, bestehend, welche durch ein dichtes Zement verbunden sind. Je nach dem Vorwalten oder Zurücktreten des Bindemittels unterscheidet man Rogenstein und Erbsenstein (Pisolith), vgl. S. 56.

Vom Silur bis zur Kreide, vorzüglich im Jura, in mächtigen Schichtenreihen.

d) Erdiger Kalkstein (Kreide). Sehr weich, abfärbend, mit mattem, erdigem Bruch, in der Regel weiß, seltener graulich

oder gelblich. Besteht aus mikroskopischen Kügelchen, Blättchen (Diskolithen, Cyatholithen, Coccolithen, Coccosphären 2c., vgl. Fig. 26 A—C, unterschieden nach Form und Gruppierung derselben) nichtkrystallinen Kalkes neben deutlichen Schalen von Foraminiferen. Die ersteren sollen Skeletteilchen von sehr niedrigen Protozoen sein, nach Anderer Ansicht sind sie ähnlich wie die Krystalliten die ersten Bildungen beginnender Krystallisation, entstanden vielleicht unter Mithülfe organischer Wesen.

Accessorisch findet sich häufig Glaukonit; als accessorische Bestandmassen treten Feuersteinknollen auf.

Nicht deutlich geschichtet bildet die Kreide mächtige, stark verwitterte Ablagerungen der Kreideformation vorzüglich in England, Nordfrankreich, auf Rügen, Sicilien.

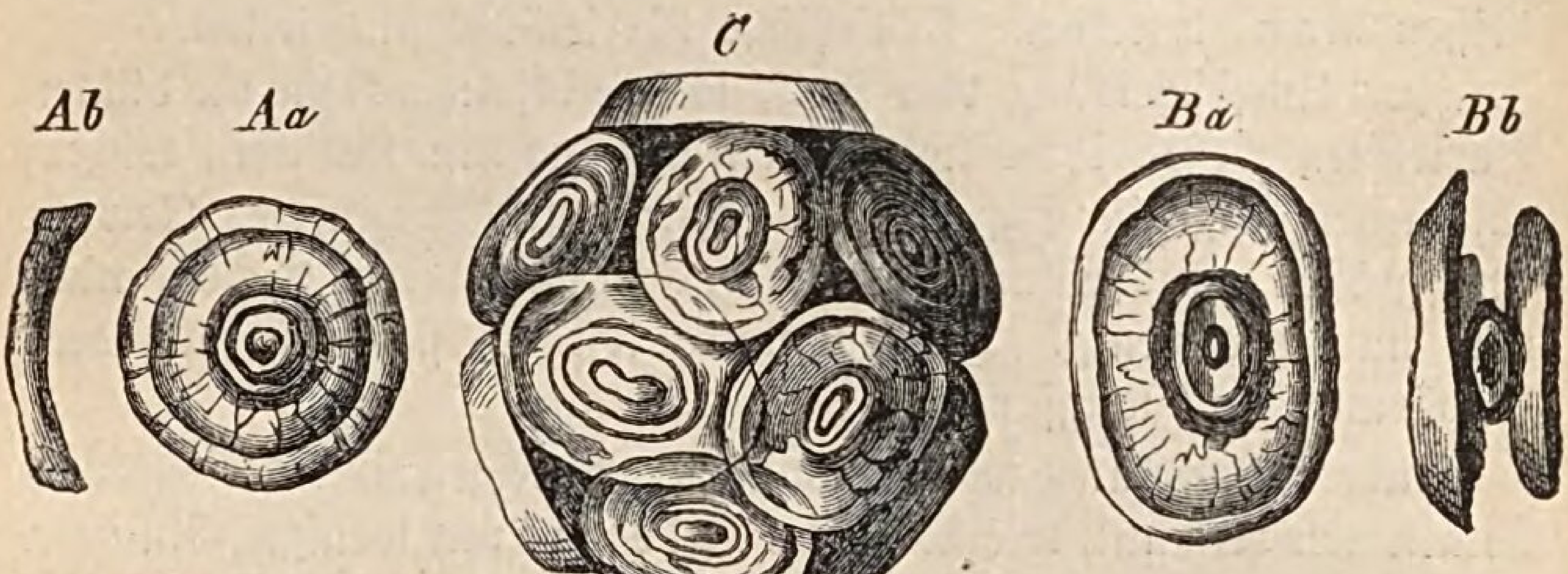


Fig. 26.

e) Poröser Kalkstein (Kalktuff). Erdig, porös, zellig, meist als Ueberkrustung von Pflanzenresten (Blätter und Stengel), zumteil aus tierischen Ueberresten (Muscheln und Schneckenschalen) bestehend.

Besondere Formen sind:

Travertin, für ein ähnliches Gestein in den Abruzzen.

Süßwasserkalk, von senkrecht zur Schichtfläche stehenden Röhren durchzogen.

Hieher gehören auch die sogenannten Zellenkalke, d. h. Kalksteine, welche zahlreiche, mit pulverförmigem Kalk, Dolomit und Mergel erfüllte Hohlräume oder Zellen enthalten, deren Wände teils ebenflächig, teils ganz unregelmäßig gestaltet sind und entweder aus krystallinem oder aus dichtem Kalk bestehen. Ihre Bildung vgl. später.

145. Dolomit. Der Dolomitspath ist eine isomorphe Mischung von Kalkcarbonat und Magnesiacarbonat in keinem konstanten Verhältnisse. Das Dolomitgestein, als ein Aggregat von wesentlich Dolomitindividuen, zeigt noch bedeutendere Schwankungen in der Zusammensetzung, als das Mineral; dazu kommen Beimischungen anderer Carbonate (des Eisens, Mangans), sowie von Kieselsäure und bituminösen Substanzen. Seine Farbe ist weißlich, ins gelbliche spielend, bis grau.

Accessorische Gemengteile finden sich hier wie beim Kalkstein.

Die Struktur ist deutlich krystallin, körnig, oft mit erkennbaren Rhomboëdern, bis dicht. Zellige Dolomite mit eckigen Lücken, deren Wände oft mit Dolomitspathrhomboëdern überkleidet sind und in welchen sich, wie bei den Zellenkalken, sogenannte Asche (Dolomitasche) d. i. zersetzter Dolomit, befindet, heißen Rauhwacken. Oolithische Varietäten sind selten.

Zur Unterscheidung von Kalk, welche besonders für die dichten Varietäten wegen ihrer Aehnlichkeit mit dichtem Kalkstein wichtig ist, dienen folgende Eigenschaften: Härte und spezifisches Gewicht sind größer, mit Säuren braust das ungepulverte Gestein nicht oder nur sehr wenig. In Salzsäure löst es sich erst nach dem Erwärmen und langsam.

Andere Varietäten werden nach Struktureigentümlichkeiten und Lokalitäten benannt, wie Wellendolomit mit welligen Runzeln auf der Oberfläche der Schichten, Schlern- und Mendola-Dolomit.

Verbreitung und Lagerungsformen sind im allgemeinen dieselben wie beim Kalkstein. Häufig zeigen die Dolomite und Rauhwacken sehr zerrissene, groteske Felsformen. Ueber seine Bildung vgl. später.

146. Mergel. Unter Mergel versteht man Gemenge von Kalkstein, Dolomit und Thon in sehr wechselndem Verhältnis; der Thongehalt kann 20% — 60% ausmachen. Sie haben meist ein unkrystallines, erdiges Aussehen; ihre Farbe ist grau bis schwarz, rötlich, gelblich oder grünlich.

Accessorisch treten dieselben Mineralien wie bei Kalk und Dolomit auf; andere Verunreinigungen, besonders bituminöse Substanzen, kommen hier wie dort vor.

Nach dem Gehalte unterscheidet man Kalkmergel, Dolomitmergel, Thonmergel; ferner nach anderen Beimengungen

Sand-, Glimmer-, Glaukonit-, Gipsmergel. An der Luft zerfallen sie in würfelige Brocken, welche schließlich zum Humus werden. Beim Brennen bleichen die kohlenhaltigen Mergel.

Ihre Struktur ist teils dicht, teils schieferig (Mergelschiefer), so daß Uebergänge zu den eigentlichen Schieferthonen entstehen. Stark bituminöse, schwarze Schiefermergel heißen Brandschiefer. Andere bituminöse Mergel mit zahlreichen Fischresten, welche von Kupfererzen sehr fein imprägniert sind, heißen Kupferschiefer (Thüringen).

Die Mergel haben eine sehr ausgedehnte Verbreitung in allen Sedimentärformationen.

Anhang: Phosphorit heißt ein faseriges oder dichtes Gestein aus meist verunreinigtem phosphorsauren Kalk bestehend, von weißlicher oder grauer und brauner Farbe, welches meist untergeordnet unter älterem Kalkstein (besonders im Jura), aber auch in größeren Flötzen in Estremadura vorkommt. Es ist ein organogenes Gestein, entstanden aus Knochenresten, Muschelschalen und Tierexkrementen (Coprolithen).

Guano ist eine ähnliche Ablagerung organischen Ursprungs, welche vorherrschend aus phosphorsaurem Kalk nebst verschiedenen organischen Säuren besteht und vorzüglich durch Exkremente von Seevögeln an der Küste Perus gebildet wird.

c) Kieselgesteine.

147. Quarzit. Er ist eine körnige oder dichte Quarzmasse meist von weißer bis grauer, manchmal von rötlicher Farbe. Nach der Struktur unterscheidet man neben den körnigen und dichten auch schiefrige Quarzite, deren Schieferung durch parallel eingelagerte Glimmerblättchen hervorgerufen wird (Uebergang zu den Glimmerschiefern).

Die sogenannten krystallisierten Sandsteine, welche aus Quarzkörnern und -krystallen mit sehr untergeordnetem, kieseligem Bindemittel bestehen, dürften richtiger hieher, als zu den klastischen Gesteinen gerechnet werden.

Accessorisch kommen vor: Granat, Turmalin, Pyrit, Magnetit und Gold.

Vorkommen: Vorherrschend in den älteren krystallinen Schiefergebirgen.

Mit dem Namen Kieselschiefer (Lydit) bezeichnet man ein durch Thon, Kohle, Eisenoxyd und andere Beimengungen dunkel, meist schwarz gefärbtes, hornsteinähnliches Quarzgestein, welches in dünnen, von weißen Quarzadern durchzogenen Platten in den älteren Formationen vorkommt.

148. **Hornstein.** Ist ein dichtes, grau gefärbtes, sehr hartes und unschmelzbares Kieselgestein, bestehend aus krystalliner und amorpher Kieselsäure.

Vorkommen: Ziemlich selten, in ungeschichteten Lagern, z. B. in der Kreide- und Steinkohlenformation.

Aehnliche Kieselgesteine von meist sehr untergeordnetem Vorkommen sind:

Feuerstein (Flint), grau bis schwarz (von Kohle), mit muscheligem Bruch, stets in Knollen (in der Kreide).

Jaspis, dicht, durch Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat gelb bis rot gefärbt, undurchsichtig, oft mit Hornstein in Knollen vorkommend.

Kieselsinter und Kieseltuff, meist, wie Kalktuff, in erdigen oder krystallinen (stalaktitischen) Massen auftretend; er ist ein Produkt heißer Quellen (Island).

Süßwasserquarz, feinkörnig, porös, zellig, mit Einschlüssen von Süßwasserconchylien und Pflanzen; gehört zu den jüngsten Bildungen.

Polierschiefer und Kieselguhr (Trippel, Bergmehl) sind zerreibliche, mehlige Aggregate von staubartigen Kieselteilchen, welche sich unter dem Mikroskope als Ueberreste der Diatomeen-Kieselpanzer erweisen. Ersterer ist dünnschieferig, gelblich, erscheint auch in mit Bitumen getränkten, dünnlbätterigen Aggregaten, welche angezündet wie Kohlen brennen (Dysodil, Papierkohle); letztere erscheint in kreideähnlichen, weißen bis bräunlichen Massen.

d) Silicatgesteine.

149. **Hornblendefels** (Amphibolit). Ist im wesentlichen ein körniges, gewöhnlich schieferiges Aggregat von Hornblendeindividuen (oft Aktinolith, dann Aktinolithschiefer genannt), von meist dunkelgrüner bis schwarzer Farbe. Zur Hornblende gesellt sich meist in geringer Menge Quarz, Glimmer und Feldspath.

Er findet sich, jedoch nicht in größerer Ausdehnung, eingelagert zwischen Gneiß und Glimmerschiefern. Savoyen, Tirol, Ungarn.

150. Chloritschiefer. Ist ein schiefriges, schuppiges Aggregat von Chloritblättchen gemengt mit etwas Quarz und Feldspath. Seine Farbe ist lauchgrün.

Er ist sehr reich an accessf. Mineralien, wie Magnetit, Granat, Turmalin, Talk, Gold ꝛc.

Wechsellagert, wie der obige, mit Gneißen, Glimmerschiefern und Phylliten.

Alpen, Ural.

151. Talkschiefer. Ein schiefriges Gestein, bestehend wesentlich aus Talkschuppen manchmal mit beigemengtem Quarz und Feldspath. Seine Farbe ist hellgelblich bis grünlich.

Von den zahlreichen accessf. Gemengteilen mögen erwähnt werden: Chlorit, Glimmer, Granat, Staurolith, Aktinolith.

Kommt mit den vorigen in den Alpen, im Fichtelgebirge und Ural vor.

152. Serpentin. Ist ein dichtes, häufig massig aussehendes Gestein, wesentlich bestehend aus dem Minerale Serpentin in meist dunkelgrünen, seltener hellen anderen Farben, oft gefleckt und geflammt.

Es enthält zahlreiche accessf. Gemengteile, so Granat, Magnetit, Chromit, Chrysotill ꝛc. Nimmt man auf seine wahrscheinliche Entstehung aus anderen meist massigen gemengten Gesteinen Rücksicht, so dürfte der Serpentin hier wohl nicht als eigener Gesteinstypus aufgestellt werden.

Der Serpentin tritt in Lagern und Stöcken sehr häufig in den Alpen, in Nordamerika und anderswo auf.

Alle diese Gesteine gehen durch Aufnahme anderer Gemengteile in gemengte Gesteine über.

e) Erzgesteine.

153. Spatheisenstein (Siderit) besteht aus einem meist körnigen Aggregate von Sideritrhomboëdern; die Farbe ist gelblich, grau bis bräunlich. Verunreinigt ist das Eisencarbonat durch geringe Mengen von kohlensaurem Mangan, Kalk- und Magnesiasalze; eingesprengt erscheinen oft Pyrit, Kupferkies und Eisenglanz. — Durch Zersetzung geht er an der Oberfläche leicht in Brauneisenstein über.

Spatheisenstein kommt in Form von Lagern und Stöcken in der Regel in älteren Formationen vor.

Erzberg in Steiermark.

Ist er mehr oder weniger mit Thon verunreinigt, so heißt er Thoneisenstein (Sphärosiderit); Carbonformation.

Mit dem Namen Blackband (Kohleneisenstein) bezeichnen die Engländer einen Thoneisenstein, der bis 35% Kohle enthält und in dickschieferigen Flötzen in den Steinkohlengebieten Schottlands vorkommt.

154. Roteisenstein. Ist ein faseriges, dichtes oder erdiges Gestein von blutroter bis brauner Farbe und kirschrotem Strich, welches wesentlich aus Eisenoxyd besteht, in der Regel aber durch Thon und Kieselsäure mehr oder weniger verunreinigt ist.

Er findet sich in größerer Ausdehnung eingelagert zwischen den Schiefern der ältesten Formationen. Elba, Nordamerika.

Eisenoolith besteht aus hirsekorngroßen Körnchen von Roteisenstein und Thoneisenstein, verbunden durch ein sehr zurücktretendes Zement.

Eisenglimmerschiefer ist ein schieferiges Gemenge von Eisenglimmer und Quarz und kommt in mächtigen Schichten vorzüglich in Brasilien vor.

155. Brauneisenstein. Gleicht dem obigen, zeigt aber meist hellere Farben, braunen Strich und besteht aus Eisenoxydhydrat verunreinigt durch Thon, Kieselsäure u. dergl.

Kommt häufig in Verbindung mit Eisenspath, aus dem er in vielen Fällen entstanden ist, in Lagern zwischen den krystallinen Schiefern, im Carbon und in der Liasformation vor.

Zum Brauneisenstein gehören auch das Bohnerz, grob-oolithisches Eisenoxydhydrat mit den oben erwähnten Verunreinigungen, und das Raseneisenerz, welches Brauneisenstein vermengt mit Sand, Phosphor- und Kieselsäure und organischen Substanzen ist und in den Moor- und Sumpfgegenden Norddeutschlands häufig vorkommt.

156. Magneteisenstein. Ist ein körniges bis dichtes Magnetitaggregat von schwarzer Farbe, metallischem Glanz und starkem Magnetismus. Verunreinigt ist er durch Eisenoxyd, Chromit, Titaneisen, geschwefelte Erze, Quarz, Granat, Chlorit und andere Mineralien.

Er findet sich in mächtigen, stockförmigen Lagern in den älteren krystallinen Schiefern vorzüglich in Skandinavien, im Ural und in Nordamerika.

f) Kohlengesteine.

157. **Anthracit.** Der Anthracit erscheint als schwarze, glas- bis metallglänzende, spröde, amorphe Masse von der Härte 2—2,5 und dem spez. Gew. 1,579; der Strich ist grauschwarz. Anthracit zeigt unter den Kohlen den größten Kohlenstoffgehalt (über 90 %). Erwärmte Kalilauge färbt er nicht; er verbrennt nur bei starkem Luftzug, ohne zu schmelzen, mit schwacher Flamme ohne Rauch und Geruch. Nach der Struktur unterscheidet man schlackigen, stengeligen, holzförmigen und graphitartigen Anthracit.

Er kommt selbständig in ausgedehnten Flötzen (Pennsylvanien) oder in Verbindung mit den folgenden (Südwales) oder in geringerer Ausdehnung in den älteren Schiefern vor.

158. **Steinkohle** (Schwarzkohle). Sie unterscheidet sich vom Anthracit durch ihren Fettglanz, ihre geringere Härte und spezifisches Gewicht, und ihren braunschwarzen Strich. Der Gehalt an Kohlenstoff liegt zwischen 75 und 90 %. Erwärmte Kalilauge wird meist etwas gelbbraun gefärbt; sie verbrennt leichter als Anthracit, wobei sie entweder schmilzt (Backkohle) oder etwas zusammensintert (Sinterkohle), stark raucht, aromatisch riecht und eine helle Flamme giebt. An vielen Steinkohlenlagern sind die kryptogamen Pflanzen, aus welchen sie hervorgegangen sind, an ihrer Struktur noch deutlich zu erkennen. Als Varietäten werden unterschieden: Glanz-, Grob-, Schiefer-, Faser-, Gagat- oder Pechkohle, Cannelkohle u. a. Coakskohlen werden die im Feuer schmelzenden oder zusammensinternden porösen, schlackigen Kohlen genannt. Aus Steinkohlen gewinnt man Teer und Leuchtgas.

Accessorisch kommen Pyrit und Bleiglanz, zuweilen auch Kalkspath vor.

In großen Flötzen von an 100 Quadratmeilen Ausdehnung und bis über 20 Meter Mächtigkeit in Nordamerika, Deutschland u. a. O. Vorherrschend in der Steinkohlenformation, aber auch in älteren und jüngeren Formationen.

159. **Braunkohle** (Lignit). Ist eine dichte bis erdige oder faserige Kohle, meist mit deutlicher Holztextur, Härte und spezifisches Gewicht sind geringer, als bei den vorhergehenden Kohlen; der Strich ist braun, der Gehalt an Kohlenstoff liegt zwischen 55 und 75 %. Erwärmte Kalilauge färbt sie tief braun; sie

brennt leicht, ohne zu schmelzen, stark rauchend und stinkend und mit rußender Flamme. Als Varietäten sind zu erwähnen: Pechkohle, hart, pechschwarz, glänzend; Papierkohle, aus dünnen Häutchen bestehend; Moorkohle, mit deutlichen Spuren ihrer Entstehung aus Torfmooren; Erdkohle, leicht zerreiblich, braun, gelblich (Umbra, kölnische Erde); Bastkohle, faserig, biegsam; Nadelkohle, aus einem Aggregat elastischer Nadeln bestehend.

Die ausgedehntesten Braunkohlenlager finden sich in der Tertiärformation, besonders in Deutschland.

160. Torf. Der Torf besteht aus einem mehr oder weniger lockeren Geflechte von sich zersetzenden Pflanzenteilen, dessen Konsistenz und Farbe von dem Grade der Zersetzung der Pflanzenreste abhängt. In der Regel sind die zusammensetzenden Pflanzenarten noch gut zu unterscheiden, manchmal aber sind sie schon bedeutend verkohlt. Der Kohlenstoffgehalt erreicht selten mehr als 50%. Die Farbe ist lichtbraun bis schwarz; er verbrennt mit viel Rauch und üblem Geruch. Von den beigemengten mineralischen Bestandteilen sind besonders Eisenerze zu nennen (Eisenmoore).

Er bildet Lager in sumpfigen Niederungen (Torfmoore) und gehört zu den jüngsten Bildungen der Erdoberfläche, in denen man zuweilen noch Spuren menschlicher Thätigkeit vorhistorischer Zeiten findet.

161. Graphit. Der Kohlenstoff tritt außer in den eben beschriebenen amorphen Modifikationen auch krystallin als Diamant und Graphit in der Natur auf. Von den letzteren beiden Formen kommt hier nur der Graphit als Gestein in Betracht. Er bildet ein feinschuppiges oder dichtes, meist schieferiges Aggregat von metallisch glänzender und schwarzer Farbe, geringer Härte und fettigem Anfühlen. Er ist häufig verunreinigt durch Kieselsäure, Thonerde, Eisen u. dgl.

Er kommt als Einlagerung oft von bedeutender Mächtigkeit in den krystallinen Schiefern vor.

Passau, Krumau in Böhmen, Nordamerika.

162. Asphalt, Petroleum 2c. mögen hier anhangsweise als untergeordnete, wenn auch sehr wertvolle Bildungen erwähnt werden. Diese häufig als Imprägnation poröser Gesteine, seltener in selbständigen Einlagerungen zwischen diesen vorkommenden Zer-

setzungsprodukte organischer Substanzen bestehen sämtlich aus bituminösen Kohlenwasserstoffverbindungen, welche mit lebhafter Flamme und starkem Rauche brennen, je nach ihrer Konsistenz und Reinheit verschiedene Namen führen und an verschiedenen Orten der Erde (Nordamerika, Kaspisee, Galizien zc.) vorkommen, wo sie in neuerer Zeit (durch künstliche Brunnen) zu tage gefördert wurden und einen wichtigen Handelsartikel bilden.

II. Gemengte krystalline Gesteine.

a) Nichtschiefrige (massige).

163. Einteilung. Da es besonders die massigen gemengten Gesteine sind, welche einer mikroskopischen Untersuchung unterworfen werden, so ist hier eine Gruppierung, welche auf mikroskopische Verhältnisse basiert ist und demnach präzisere Definitionen der Typen gestattet, als es die makroskopischen Merkmale erlauben, besonders wünschenswert und am Platze. Es sind daher im folgenden (abweichend von Zirkel) die Gesteine mit einigen für den vorliegenden Zweck passend erscheinenden Vereinfachungen nach der von Rosenbusch („Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine") gegebenen Einteilung aufgeführt.

Darnach zerfallen sämtliche massige gemengte Gesteine zunächst in zwei größere Gruppen, in feldspathführende und feldspathfreie. Erstere werden dann wieder in Gesteine mit orthotomem Feldspath, Orthoklas-Gesteine, und solche mit klinotomem Feldspath, Plagioklas-Gesteine*), untergeteilt. Die feldspathfreien Gesteine werden dann wieder nach dem vorherrschenden Gemengteil in Nephelin- und Leucit-Gesteine unterschieden.

In der Mehrzahl der Fälle lassen sich dann mit Rücksicht auf die Strukturverhältnisse, nach welchen die Gesteine entweder körnig oder porphyrisch (eine Unterscheidung, welche nur bei den älteren Massengesteinen scharf durchzuführen ist) oder glasig ausgebildet sein können, sowie auch hinsichtlich des Fehlens oder Vorhandenseins von Quarz als einem der wichtigsten gesteins-

*) Plagioklas ist ein Sammelname für alle klinotomen Feldspathe, da die verschiedenen hieher gehörigen Species unter dem Mikroskope nicht leicht unterscheidbar sind.

bildenden Mineralien, gewisse Gesteinsfamilien abgrenzen. Zugleich ist möglichst darauf Rücksicht genommen, daß die sogenannten älteren (vortertiären) Gesteine von den jüngeren (tertiären und posttertiären) getrennt behandelt wurden.

164. Uebersicht. Demnach ergiebt sich für die gemengten krystallinen Massengesteine folgende Uebersicht:

A. Orthoklas-Gesteine.

Der vorwaltende Feldspath ist Orthoklas.

a) Aeltere.

I. Quarzführende.
- 1. Körnige: Familie der Granite.
  - Granit.
  - Granitporphyr.
- 2. Porphyrische: Fam. der Quarzporphyre.
  - Quarzporphyr.
  - Felsitfels.
- 3. Glasige: Fam. der Felsitpechsteine.
  - Felsitpechstein.

II. Quarzfreie.
- 1. Körnige: Fam. der Syenite.
  - Syenit.
- 2. Porphyrische: Fam. der quarzfreien Porphyre.
  - Quarzfreier Porphyr.
- 3. Glasige: fehlt*).

b) Jüngere.

I. Quarzführende.
- 1 und 2. Körnige oder porphyrische: Fam. der Liparite.
  - Liparit.
- 3. Glasige: Fam. der sauren Gläser.
  - Obsidian.
  - Trachytpechstein.
  - Perlit.
  - Bimsstein.

---

*) Wo im folgenden die dritte Nummer fehlt, ist ein Fehlen hiehergehöriger Gesteine anzunehmen. Viele derselben dürften unter den sub A, b. I. 3 aufgeführten sauren Gläsern versteckt sein, von welchen sie morphologisch schwer zu trennen sind.

II. Quarzfreie.

1 und 2. Körnige und porphyrische: Fam. der Trachyte.

Trachyt.

Phonolith*).

B. Plagioklas-Gesteine.

Der vorwaltende Feldspath ist ein Plagioklas. Die hiehergehörigen Gesteine sind mit Rücksicht auf das mit dem Plagioklas verbundene besonders hervortretende Mineral in zwei (Rosenbusch hat fünf) Gruppen zusammengezogen, welche dann, soweit es thunlich ist, nach Alter und Struktur in der obigen Weise unterabgeteilt sind. In wie weit sie nach dem Quarzgehalte getrennt werden können, soll bei den einzelnen Gesteinen erwähnt werden.

1. Plagioklas-Hornblende-Gesteine.

a) Aeltere.

1. Körnige: Fam. der Diorite.

Diorit.

2. Porphyrische: Fam. der Porphyrite.

Porphyrit.

b) Jüngere.

1 und 2. Körnige und porphyrische (resp. porphyrartige): Fam. der Hornblende-Andesite.

Hornblende-Andesit.

2. Plagioklas-Augit- (resp. Diallag-, Enstatit-, Hypersthen-)Gesteine.

a) Aeltere.

1. Körnige: Fam. der Diabase und Gabbros.

Diabas.

Gabbro**).

2. Porphyrische: Fam. der Diabasporphyrite und Melaphyre.

Diabasporphyrit.

Melaphyr.

---

*) Gehört bei Rosenbusch wegen seines Nephelingehaltes einer besonderen Gruppe der „Orthoklas-Nephelin-Gesteine" an. Vgl. Note S. 96.

**) Teils um die Einfachheit des Systems zu fördern, teils aus in der Sache liegenden Gründen wurden die Gabbrogesteine hieher gestellt und die untergeordneten Plagioklas-Enstatit-Gesteine als Anhang hinzugefügt.

b) Jüngere.

1. und 2. Körnige und porphyrische (resp. porphyrartige): Fam. der Augit-Andesite und Basalte.

Augit-Andesit.

Basalt.

C. Nephelin-Gesteine.

Diese Gruppe ist wesentlich durch die Kombination Nephelin-Augit, mit Ausschluß eines Feldspathes, charakterisiert, und umschließt nur jüngere Glieder.

Fam. der Nephelinite und

Nephelin-Basalte.

D. Leucit-Gesteine.

Diese Gruppe umfaßt Gesteine der Kombination Leucit-Augit als wesentliche Bestandteile. Auch diese Gesteine treten nur in tertiären und posttertiären Formationen auf.

Fam. der Leucitite und

Leucit-Basalte.

Anhang. Andere feldspathführende Gesteine: Greisen — Turmalinfels — Granatfels — Eklogit — Cordieritfels — Pikrit — Eulysit — Lherzolith — Dunit.

165. Granit. Die wesentlichen Gemengteile sind Orthoklas, Quarz, Glimmer; dazu tritt gewöhnlich noch ein Plagioklas. Der Quantität nach ist der Orthoklas gewöhnlich vorwaltend; er ist stets frischer erhalten und an seinem schönen Perlmutterglanz leicht von dem fettglänzenden und trüben Plagioklas zu unterscheiden. Nicht selten sind wohl entwickelte Krystalle und Zwillinge mit freiem Auge zu sehen. Die Farbe ist verschieden, weiß, rötlich, seltener grünlich. Der Plagioklas ist in der Regel infolge wiederholter Zwillingsbildung gestreift. Seine Farbe häufig graulich oder grünlich. Der Quarz kommt nur in Krystallkörnern vor und charakterisiert sich durch seinen muscheligen Bruch, Glasglanz und seine wasserhelle bis grauliche Farbe. Der Glimmer, Magnesia- und Kaliglimmer oder nur einer von beiden, erscheint in sechsseitigen Blättchen oder in unregelmäßigen Fetzen von weißer bis dunkelbrauner oder schwarzer Farbe. Er wird häufig von Hornblende, Talk und Chlorit, Graphit, Eisenglanz u. dergl. ganz oder teilweise vertreten, wodurch besondere Varietäten entstehen.

Accessorisch kommen im Granit zahlreiche Mineralien vor, so Augit, Turmalin, Apatit, Zirkon ꝛc., welche bei bedeutenderem Vorwiegen dem Gestein besondere Namen gegeben haben. — Die Farbe des Gesteins ist in der Regel licht, graulich, rötlich, grünlich.

Unter dem Mikroskop. Der Orthoklas erscheint sowohl in Körnern als in gut ausgebildeten, häufig nach dem Karlsbader Gesetze verwachsenen Zwillingskrystallen. Er ist meist infolge eintretender Zersetzung getrübt, manchmal zeigt er Zonenstruktur. Eingewachsene Mikrolithe und Flüssigkeitseinschlüsse sind nicht häufig; Verwitterungen zu Kaolin können öfters beobachtet werden. Der Quarz ist durch seine Frische und Wasserhelligkeit und zwischen gekreuzten Nicols durch seine sehr lebhaften Interferenzfarben kenntlich. Von Einschlüssen sind neben Mikrolithen verschiedener Art (besonders Apatitnadeln) an erster Stelle die zahlreichen Flüssigkeitseinschlüsse meist mit beweglicher Libelle zu erwähnen. Zersetzungserscheinungen kommen wohl nicht vor. Der Glimmer zeigt die schon im allgemeinen Teile beschriebenen Eigenschaften. Ebenso sind die accessorischen Mineralien an den dort beschriebenen Merkmalen zu erkennen.

Die Struktur der Granite ist durchaus körnig, nicht bloß für die makroskopische Beobachtung sondern auch unter dem Mikroskope, wenn auch Uebergänge zu den Quarzporphyren, wie zu erwarten, vorkommen. Das Korn ist sehr verschieden und bedingt Varietäten, die unten aufgezählt werden sollen. Außerdem finden sich allerorts Uebergänge von der massigen in die Schieferstruktur (Gneißgranit).

Chemische Zusammensetzung. Aus den verschiedenen Analysen granitischer Gesteine ergiebt sich für die chemische Zusammensetzung derselben als typisches Mittel: Kieselsäure 72, — Thonerde 16, — Eisenoxyd 1,5, — Kalk 1,5, — Magnesia 0,5, — Kali 6,5, — Natron 2,5%.

Vorkommen. Der Granit ist eines der ältesten und der am meisten verbreiteten Gesteine, das in Stöcken, Lagern und Gängen von mächtiger Ausdehnung auftritt. Von den wichtigeren europäischen Vorkommnissen mögen erwähnt werden: Schwarzwald, Vogesen, Thüringer Wald, Erzgebirge, die Oberlausitz, die Alpen.

Außerdem aber erscheint zwischen den krystallinen Schiefern der laurentischen Gneißformation der sogenannte Lager-

granit, welcher durch allmähliche Entwickelung von Schieferstruktur in Gneiß übergeht und wahrscheinlich auf demselben Wege, wie dieser, entstanden ist.

Die Varietäten werden teils durch die Gemengteile, teils durch die Strukturverhältnisse bedingt. Die wichtigsten sind:

a) Granitit, wird durch größere Menge von Plagioklas, meist durch rötlichen Orthoklas, geringeren Quarzgehalt und schwarzen Glimmer charakterisiert (Brocken, Riesengebirge, Brixen in Tirol).

b) Protogingranit, zu den normalen Bestandteilen tritt grüner Talk (westliche Alpen).

c) Syenitgranit, ein Teil des Glimmers wird durch Hornblende vertreten (Vogesen, Pilsnerkreis in Böhmen, Syene in Aegypten).

d) Schriftgranit, aus großen Feldspathkrystallen bestehend, welche von stengeligen Quarzindividuen durchwachsen sind; angeschliffene Stücke dieses Gesteins zeigen daher eigentümliche, hebräischen Schriftzeichen ähnliche Zeichnungen (Bodenmais, Riesengebirge).

e) Pegmatit wird sehr großkörniger Granit genannt, der aus bis fußgroßen Feldspathkrystallen, weißem Quarz und silberweißen, großen Tafeln von Glimmer besteht (Penig in Sachsen Ruhla in Thüringen).

f) Aplit. Das Gestein besteht, da der Glimmer sehr zurücktritt, fast nur aus Quarz und Feldspath.

g) Turmalingranit, der Glimmer wird fast ganz von Turmalin vertreten (Cornwall, Predazzo in Südtirol).

Hieran schließen sich mehrere Varietäten von untergeordneter Wichtigkeit, welche durch Eintreten anderer Gemengteile besonders an Stelle des Glimmers entstehen und sich wie Graphit-, Epidot-, Cordieritgranit 2c. durch ihren Namen schon charakterisieren.

Nach Lokalitäten wurden andere Varietäten von meist geringerer Ausdehnung wie Miarolit, Beresit, Rappakiwi 2c. benannt.

Granitporphyr ist ein Granit, welcher dadurch an Porphyre erinnert, daß einer feinkörnigen, als „Grundmasse" bezeichneten Gesteinsmasse größere Ausscheidungen von Feldspath, Quarz

und Glimmer gegenüber stehen. Er unterscheidet sich aber von den eigentlichen Porphyren dadurch, daß die Grundmasse stets körnig (granitisch) ist.

Auffallend sind die im Quarz sich vorfindenden Glaseinschlüsse, die sonst granitischen Gesteinen vollständig fehlen. Außer ihnen findet sich im Gestein nirgend Glasbasis.

Leipziger Kreis, Erzgebirge.

166. Quarzporphyr (Felsitporphyr). Zusammensetzung. In einer dichten Grundmasse liegen Ausscheidungen von Orthoklas und Quarz, außer diesen noch von Plagioklas und Glimmer. Der weiße bis rötliche Orthoklas ist auch hier wie bei den Graniten schon makroskopisch von den Plagioklasen zu unterscheiden. Beide erscheinen hier häufiger als dort in deutlicher Krystallform. Der Quarz zeichnet sich vor dem des Granits besonders dadurch aus, daß er häufig in deutlichen Krystallen (Dihexaëdern) vorkommt. Der Glimmer, einer der selteneren Gemengteile, erscheint in sechsseitigen, schwarzen oder braunen, manchmal weißen Täfelchen. Oft wird er durch Minerale der Hornblende- und Augitgruppe vertreten. Die Grundmasse erscheint makroskopisch als dichte, feldsteinige Masse von bedeutender Härte, meist splittrigem Bruch und rötlicher oder auch grünlicher bis grauer Farbe. Zuweilen ist sie rauh, locker, oder selbst, bei höherem Grade der Zersetzung, erdig. Nach dieser makroskopischen Beschaffenheit der Grundmasse unterscheidet man Hornsteinporphyre, wenn die Grundmasse hart und splittrig im Bruche ist, Feldsteinporphyre, deren Grundmasse einen matten und unebenen Bruch zeigt, endlich Thonsteinporphyre mit rauher, erdiger, beim Anhauchen thonig riechender Grundmasse.

Accessorische Gemengteile, deren es nicht eben viele giebt, sind Magneteisen, Pyrit, Granat, Epidot u. dergl. Häufig sind accessorische Bestandmassen in Form von Nestern, Adern und Mandeln von Quarz, Achat und nutzbaren Erzen.

Vorherrschend sind helle, graue, rötliche, grünliche Farbentöne.

Unter dem Mikroskop zeigen die Feldspathe im wesentlichen dieselben Eigenschaften wie beim Granit, nur treten hier neben den übrigen Interpositionen auch Glaseinschlüsse auf. Der Quarz zeichnet sich, wie schon erwähnt, durch deutliche Krystallform vor dem Quarze der Granite aus. Bemerkenswert ist auch hier das Auftreten von Glaseinschlüssen neben solchen

anderer Mineralien und Mikrolithen. Glimmer und die stellvertretenden Mineralien zeigen keine von der gewöhnlichen abweichende Ausbildung. Glimmer ist übrigens eines jener Mineralien, welche sowohl hier wie anderwärts sehr häufig einer Zersetzung zu „chloritischer Substanz" und einer Verdrängung durch Eisenoxydhydrat unterliegen. Die Grundmasse bietet unter dem Mikroskope die meisten Schwierigkeiten. Zumteil besteht sie aus deutlich krystallinen Gebilden, welche entweder nur als solche oder aber auch als einer bestimmten Mineralspecies zugehörig erkannt werden können und demgemäß schon früher als krypto- und mikrokrystallin unterschieden wurde. Die letzteren gehören vorwiegend dem Feldspath, zuweilen auch dem Quarze an. Neben diesen und einer zweifellos amorphen Glasbasis findet sich aber sehr häufig eine „halbkrystalline" Masse, welche mit dem Namen Mikrofelsit bezeichnet wird und schon früher eine Erwähnung fand (vergl. S. 59).

Nach der mikroskopischen Beschaffenheit der Grundmasse hat Vogelsang folgende Bezeichnung der Porphyre vorgeschlagen:

Porphyre mit krystallinkörniger Grundmasse: Granophyre.
" " glasiger " Vitrophyre.
" " felsitischer " Felsophyre.

Porphyre, welche die eine und andere Ausbildungsweise zugleich zeigen, sollen durch Kombination dieser Namen (so z. B. Granovitrophyre, Felsovitrophyre etc.) bezeichnet werden.

Die Struktur der Porphyre charakterisiert sich dadurch, daß einer Grundmasse größere Ausscheidungen gegenüberstehen. Besondere Eigentümlichkeiten bietet in struktureller Beziehung die Grundmasse und zwar meist erst unter dem Mikroskope dar. Unter diesen sind besonders hervorzuheben die Fluidalstruktur, welche schon beschrieben wurde, die lagenförmige Struktur durch abwechselnde Lagen von quarzreichen und feldspathreichen, öfters verschieden gefärbten Partien bedingt. Oft sind die Porphyre parallel diesen Lagen leicht spaltbar (Band- oder Papierporphyre). Die kugelförmige Struktur, hervorgerufen durch konzentrisch schalige und radial faserige Kugeln, welche oft Erbsengröße erreichen. Erst mikroskopisch zu erkennen sind die sphärolithischen Ausbildungsweisen der Grundmasse. Cavernöse Porphyre, deren Hohlräume mit Quarzdrusen überzogen sind, werden Mühlsteinporphyre genannt.

Chemische Zusammensetzung. Die Analysen ergaben im Mittel: Kieselsäure 74, — Thonerde 12—14, — Eisenoxyd 2—3, — Kalk 1,5, — Magnesia 0,5, — Alkalien 7—9 %.

Lagerungs- und Absonderungsformen sind im allgemeinen die andernorts beschriebenen der Eruptivgesteine. Oesters findet man platten- und kugelförmige Absonderung (Südtirol).

Vorkommen. Die Verbreitung der Porphyre ist eine geringere, als die der Granite; dem Alter nach erweisen sich die meisten Porphyre jünger als Granit. Ihre Eruption fällt in die Dyas und ältere Trias. Wichtigere Vorkommnisse sind in Westfalen, Thüringen, Harz, Südtirol (Plateau von Bozen) u. a.

167. **Felsitfels** (Petrosilex, Eurit, Elvanit). Ist ein hartes, dichtes und homogen aussehendes Gestein, das im wesentlichen der Grundmasse der Quarzporphyre gleicht und teils in Verbindung mit diesen, teils wohl auch selbständig vorkommt.

168. **Felsitpechstein.** Dieses Gestein stellt eine glasige oder teilweise krystalline Erstarrungsform desselben Magmas vor, aus welchem bei krystalliner Entwickelung die Quarzporphyre hervorgegangen sind. Er ist daher ein hyalines, kantendurchscheinendes, halbglasiges Gestein von muscheligem Bruch, Fettglanz, der Härte nahe an sechs und meist schwarzer oder dunkelgrüner bis roter Farbe und manchmal gefleckt und gestreift. Den Namen erhielt es von seinem pechähnlichen Aussehen.

Unter dem Mikroskop beobachtet man neben der amorphen Glasbasis und einer mikrofelsitisch entwickelten Hauptmasse krystalline Ausscheidungen von Feldspath, Quarz und Glimmer neben oft sehr zierlich gruppierten Mikrolithen, Krystalliten und zahlreichen anderen Entglasungsprodukten. Häufig findet sich doch auch eine sphärolithische Entwickelung.

Die chemische Zusammensetzung, wenn auch sehr schwankend, stimmt im wesentlichen mit der der Porphyre überein; doch zeigen alle einen bedeutenden Wassergehalt.

Das Vorkommen des Felsitpechsteins ist ein ziemlich beschränktes. Besonders zu erwähnen sind Meißen und die schottische Insel Arran.

Haben sich aus der Pechsteingrundmasse einzelne größere Krystalle ausgeschieden, so geht das Gestein in eine Varietät des Quarzporphyrs, in den sogenannten Pechsteinporphyr, über.

169. Syenit. Die wesentlichen Bestandteile des Syenits sind Orthoklas und Hornblende, daneben findet sich ein Plagioklas, doch stets untergeordnet. Die Orthoklase zeigen die Eigentümlichkeiten jener der Granite; die Hornblende erscheint in dunkelgrünen oder schwarzen Säulen und Stengeln. Außerdem tritt sehr häufig schwarzer Magnesiaglimmer als teilweiser oder fast gänzlicher Vertreter der Hornblende auf, in diesem Falle bezeichnet man das Gestein als Glimmersyenit.

Von accessorischen Mineralien sind zu nennen Epidot, Magnetit, Pyrit, Apatit, Quarz und sehr häufig Titanit.

Grünliche, rötliche Farbentöne.

Unter dem Mikroskop erweisen sich die Bestandteile wesentlich so, wie sie bei Granit beschrieben wurden. Die Hornblende zeigt selten deutliche Krystallform.

Die Struktur sowohl makroskopisch, als mikroskopisch gleicht ebenfalls vollkommen der des Granits, so daß man den Syenit wohl als quarzfreien Granit bezeichnen könnte.

Die chemische Zusammensetzung ergiebt im Mittel: Kieselsäure 58,37, — Thonerde 19,21, — Eisenoxydul 8,27, — Kalk 5,66, — Magnesia 2,91, — Kali 3,20, — Natron 2,42 % neben geringen Wassermengen.

In Bezug auf Vorkommen, Lagerungsformen und Alter gleicht der Syenit sehr dem Granit, ohne dessen Verbreitung zu teilen. Wichtigere Verbreitungsgebiete sind Norwegen und Irland.

Zuweilen nimmt das Gestein durch Parallellagerung der Hornblende und des Glimmers eine schiefrige Struktur an und wird dann als Syenitgneiß bezeichnet (Canada, Schottland).

Als wichtigere Varietäten sind anzuführen:

Monzonit, Orthoklas, Plagioklas, Biotit und Hornblende (Hornblende-Monzonit) oder Augit (Augit-Monzonit). Grobkörnig, hellgefärbt, am Monzonigebirge in Südtirol.

Zirkonsyenit, ein Syenit mit viel Zirkonkrystallen und Elaeolit.

Auch folgende nephelinführende Gesteine werden gewöhnlich als Varietäten*) des Syenit aufgeführt:

Miascit, ein körniges Gemenge von Orthoklas, Nephelin und schwarzem Glimmer (Ilmengebirge bei Miask).

---

*) Diese älteren Nephelingesteine werden von Rosenbusch mit dem Phonolith als jüngerem Gliede in einer eigenen Gruppe der „Orthoklas-Nephelin- (resp. Leucit-)Gesteine" zusammengefaßt. Bezüglich der korrespondierenden Gruppe unter den Plagioklasgesteinen vergl. Note S. 115.

Foyait, ein körniges Gemenge wesentlich von Orthoklas, Nephelin und Hornblende (Portugal).

Ditroit, ein körniges Gemenge von wesentlich Orthoklas, Nephelin, schwarzem Glimmer und Hornblende mit viel Sodalith (Siebenbürgen).

Es sind sämtlich vortertiäre Gesteine.

170. Quarzfreier Porphyr (Syenitporphyr). Zusammensetzung. Stellen die Quarzporphyre die porphyrische Entwickelung von Granitmaterial dar, so repräsentieren die quarzfreien Porphyre Syenitmaterial in porphyrischer Entwickelung. Die zusammensetzenden Mineralien sind daher hier wie dort Orthoklas und Hornblende eingebettet in einer dichten Grundmasse. Daneben findet sich wenig Plagioklas und zuweilen schwarzer Glimmer. Wenn letzterer in größerer Menge vorkommt heißt das Gestein Minette (Vogesen, Canton Wallis u. a. a. O.).

Accessorisch kommen auch hier die dort erwähnten Mineralien vor.

Ueber die mikroskopischen Verhältnisse ist hier nichts wesentlich neues anzuführen. Bezüglich der Grundmasse, welche in der Regel mikro- selten kryptokrystalline Ausbildung zeigt, ist hervorzuheben, daß glasige oder mikrofelsitische Entwickelung sehr selten ist.

Die chemische Zusammensetzung weicht von der der Syenite nicht erheblich ab.

Die quarzfreien Porphyre haben eine sehr geringe Verbreitung (Vogesen).

171. Liparit*) (Quarztrachyt). Wesentliche Bestandteile. In einer makroskopisch gewöhnlich dicht erscheinenden Grundmasse liegen ausgeschieden Sanidin- und Quarzkrystalle, daneben meist untergeordnet solche von Glimmer und Hornblende.

Der Sanidin (glasiger, meist hellweißer Orthoklas) ist in der Regel in deutlichen Krystallen, gewöhnlich von Leistenform, oft in Zwillingen entwickelt; der Quarz erscheint in rauchgrauen oder wasserhellen Körnern oder Krystallen (Prismen und Pyramiden); manchmal ist selbst makroskopischer Tridymit in Form von mehr oder weniger deutlichen sechsseitigen Blättchen als Auskleidung von Hohlräumen zu erkennen. Der Glimmer ist

*) J. Roths „Liparit" = jüngeres Sanidin-Quarz-Hornblende-Gestein und v. Richthofens „Rhyolith" = jüngeres, porphyrisches Sanidin-Quarz-Hornblende-Gestein bezeichnen nicht streng dasselbe, was hier unter Liparit verstanden ist, da sie auch vorwiegend glasige Gesteine umfassen.

in der Regel dunkler Magnesiaglimmer und kommt in kleinen Täfelchen, die Hornblende in schwarzen Säulchen sowohl in Verbindung mit Glimmer als auch ohne diesen vor.

Die Grundmasse erscheint entweder dicht oder feinkörnig oder auch pech- und thonsteinartig. Infolge von kleinen Hohlräumen, die zuweilen die Grundmasse durchsetzen, erscheint dieselbe rauh und porös; die Hohlräume sind dann häufig von Krystallkrusten (Quarz, Tridymit ꝛc.) überzogen.

Die Farben des Gesteins sind vorherrschend licht, graulich, rötlich, gelblich.

Unter dem Mikroskop beobachtet man den Sanidin in gewöhnlich leistenförmigen, vollkommen wasserhellen Krystallen und in Karlsbader Zwillingen, meist ziemlich frei von Einschlüssen, unter welchen besonders Glaseinschlüsse zu erwähnen wären; Zonenstruktur ist sehr häufig zu sehen. Neben dem Sanidin erscheint, jedoch selten, ein Plagioklas. Der Quarz in Krystallform oder Körnern enthält wenig Glaseinschlüsse. Tridymit, der gar nicht selten anzutreffen ist, zeigt die schon früher erwähnte dachziegelförmige Aggregation. Biotit und Hornblende bieten kaum bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Neben den genannten Mineralien beobachtet man in geringer Menge Magnetit, Apatit und zuweilen auch Augit. Die in der Regel vorwaltende Grundmasse zeigt sehr mannigfache Ausbildung. Sie ist mikro- bis kryptokrystallin (oder mikrofelsitisch), oft mit deutlicher Glasbasis. Die mikrokrystalline Ausbildung weist ein Gemenge von weitaus vorwaltenden Feldspathleistchen auf, neben welchen zuweilen Quarz*) vorkommt. Dazu gesellt sich etwas Hornblende und Magnetit.

Struktur. Die Strukturverhältnisse sind im wesentlichen bereits angedeutet worden. Die Liparite sind in der Regel porphyrartig bis porphyrisch entwickelt. Die Grundmasse zeigt unter dem Mikroskope sehr häufig Fluidalstruktur oder auch sphärolithische Bildungen, wie sie bei den Porphyren bereits erwähnt wurden.

Die chemische Zusammensetzung ist: Kieselsäure 75—77 — Thonerde 12 — Eisenoxyd und -oxydul 1,5 — Kalk 1—1,5 — Magnesia 0,3—0,5 — Kali und Natron 7—9%.

---

*) Läßt sich Quarz weder makroskopisch noch mikroskopisch nachweisen, so belehrt nur die chemische Untersuchung, ob das Gestein zu den Lipariten (Kieselsäure über 70%) oder zu den Trachyten (Kieselsäure unter 70%) zu zählen ist. Im ersten Falle muß die überschüssige Kieselsäure in der glasigen Basis vorkommen.

Vorkommen. Die Liparite gehören der Tertiärzeit an, wo sie als massige, zuweilen schiefrige Gesteine in Form von Stöcken, Gängen und Strömen auftreten. So besonders in Ungarn und Siebenbürgen, in den Euganeen, auf den Liparischen Inseln u. a. a. O.

Mit Domit bezeichnet man weißliche, matte, ungemein feinkörnige Liparite, welche die Vulkane der Auvergne zusammensetzen.

172. **Obsidian.** Der Obsidian ist ein kieselsäurereiches (60 bis 70 % Kieselsäure) vulkanisches Glas, eine vorherrschend amorphe Erstarrungsmodifikation desselben Magmas, aus welchem bei krystalliner Entwickelung die Liparite (und Trachyte*)) hervorgegangen sind. Das in der Regel dunkel gefärbte Gestein zeigt große Härte, starken Glanz und muscheligen Bruch. Zuweilen sind makroskopische Krystallausscheidungen (besonders Sanidin) vorhanden, wodurch das Gestein einen porphyrischen Habitus erhält.

Unter dem Mikroskope zeigen sich in der vorherrschenden Glasmasse verschiedene Entglasungsprodukte teils in Form bestimmbarer Mineralien (Sanidin, Glimmer, Augit), teils als Trichite und Belonite entwickelt, welche oft eine sehr zierliche Fluidalstruktur zeigen; auch sphärolithische Strukturmodifikationen sind zu beobachten.

Bouteillenstein (Moldawit) ist ein sehr reiner Obsidian, welcher in rundlichen Körnern und runzlig gerippten Knollen im Sande gewisser Gebiete von Böhmen vorkommt.

173. **Trachytpechstein.** Unter diesem Namen versteht man wasserhaltige jüngere, glasige Gesteine, welche im Aeußern den Felsitpechsteinen ungemein ähnlich sehen, unter dem Mikroskope aber trachytische Ausscheidungen (Sanidin, Quarz, Hornblende, Augit mit zahlreichen Glaseinschlüssen, Magneteisen ꝛc.) neben verschiedenen Mikrolithen fraglicher Natur, Beloniten und Dampfporen in der Glasbasis zeigen. Sie stehen den Obsidianen sehr nahe, unterscheiden sich von diesen aber durch die größere Zahl der Ausscheidungen und ihren bedeutenderen Wassergehalt.

174. **Perlit.** Die Perlite sind mit den Pechsteinen verwandte Gesteine, welche sich aber wesentlich durch ihre Struktur davon unterscheiden. Sie bestehen nämlich aus dicht gedrängten hirse- bis erbsengroßen glasigen Körnern von konzentrisch schaligem

*) Vergl. Note auf S. 88.

Bau. Die Körner schließen entweder unmittelbar an einander oder sind durch eine Glasmasse verkittet. Diese Kügelchen haben mit den echten sphärolithischen Bildungen nichts gemein, da sie nichts weiter als „eine Kontraktionsform des erstarrenden Gesteins" sind. Diese Auffassung rechtfertigt sich besonders dadurch, daß die mikroskopisch ausgeschiedenen Gebilde, die sich sowohl in Form von Globuliten und aus ihnen zusammengesetzten Gebilden, als auch als Krystallite, Mikrolithe und mikroskopische Krystallindividuen finden, ganz unregelmäßig in der gekörnelten Masse zerstreut liegen. Oft durchsetzen dieselben auch in Ströme geordnet die Gesteinsmasse, ohne irgend eine gesetzmäßige Beziehung zu den kugeligen Gebilden erkennen zu lassen (vgl. Fig. 27). Daneben

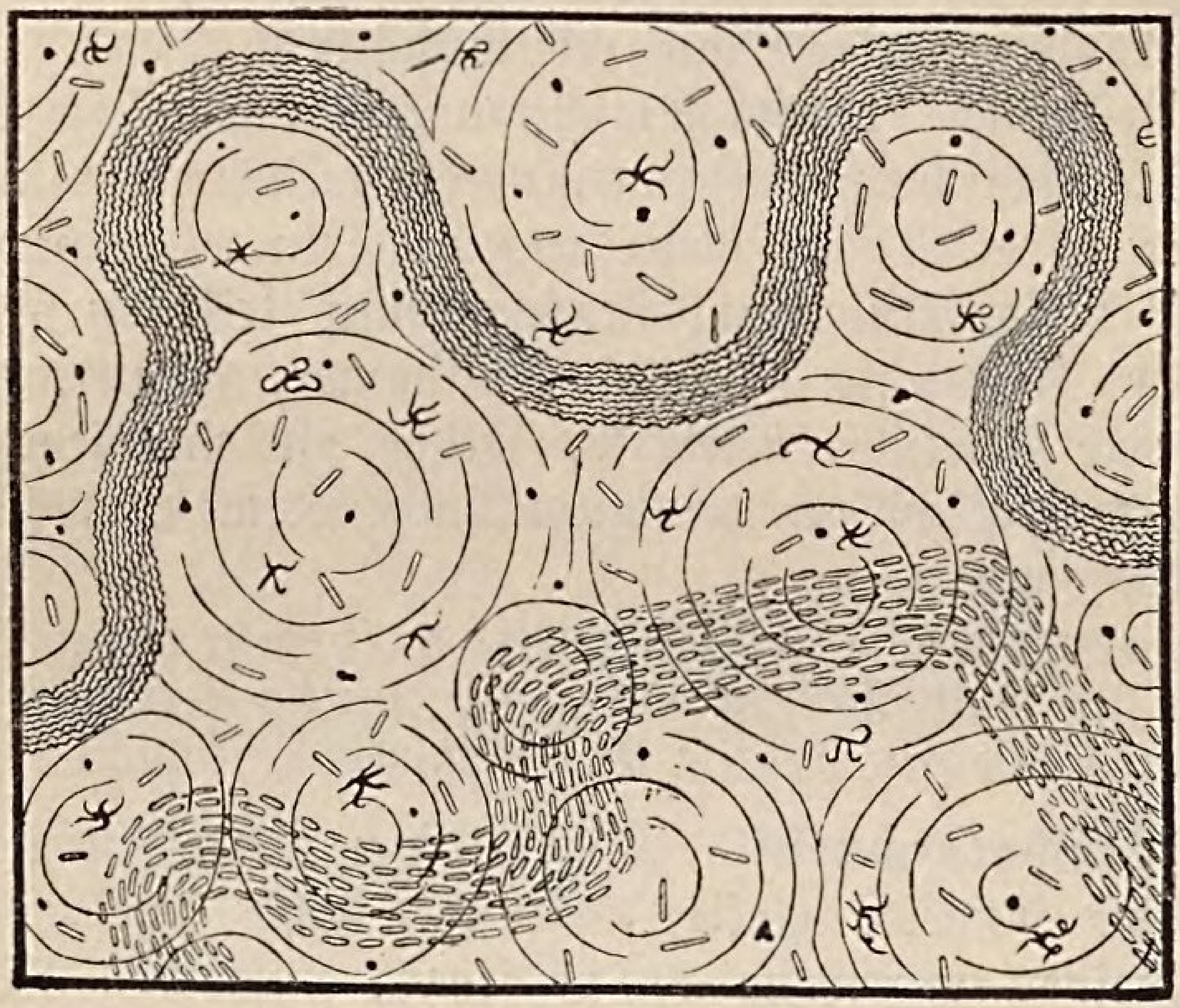


Fig. 27.

findet sich übrigens auch echte sphärolithische Struktur. Sind größere Krystalle von Sanidin und Glimmer ausgeschieden, so entstehen die sogenannten Perlit-Porphyre. Die Perlite zeigen Glas- bis Fettglanz und meist graublaue Färbung. Der Wassergehalt ist geringer als der der Pechsteine.

175. Bimsstein. Ist ein von zahllosen Gasblasen durchsetzter, schaumiger und infolge dessen spezifisch sehr leichter Obsidian von meist hellgrauer bis weißer Farbe. Unter dem Mikroskope erkennt man ein homogenes Glas, in welchem mehr oder weniger entwickelte, bis makroskopisch erkennbare Entglasungsprodukte

eingebettet liegen. Die Gasblasen sind in der Regel lang gestreckt und mannigfaltig gewunden.

Bimsstein findet sich vorzüglich in der Nähe noch thätiger oder ausgestorbener Vulkane.

Sämtliche unter dem Namen saure Gläser zusammengefaßte jüngere Eruptivgesteine sind Erstarrungsmodifikationen eines Magmas, aus welchem bei krystalliner Entwickelung entweder liparitische (bei einem Kieselsäuregehalt von 70 % und mehr) oder trachytische (bei geringerem Gehalte an Kieselsäure) Gesteine hervorgegangen wären. Sie finden sich allenthalben in Begleitung dieser letzteren in den vulkanischen Gebieten, die bei den krystallinen jüngeren Eruptivgesteinen genannt sind.

176. Trachyt. Die wesentlichen Gemengteile des Trachyts sind Sanidin, mit welchem sich untergeordnet Hornblende, schwarzer Glimmer oder auch Augit verbindet. Mit dem Sanidin ist stets ein Plagioklas in wechselndem Verhältnis verknüpft. Diese Mineralien liegen in der Regel ausgeschieden in einer makroskopisch meist dicht erscheinenden Grundmasse, deren sehr häufig rauhe Beschaffenheit dem Gesteine den Namen (*τραχύς* = rauh) gegeben hat. Die makroskopischen Eigenschaften der Gemengteile weichen nicht wesentlich von den bei den Lipariten beschriebenen ab.

Accessorisch und meist erst unter dem Mikroskope erkennbar sind Magnetit, Apatit, Titanit, Sodalith, Hauyn, Nosean u. a.

Die Farbe der Gesteine ist in der Regel eine lichte, grauliche, gelbliche, rötliche.

Unter dem Mikroskop lassen sich hier so ziemlich dieselben Verhältnisse, welche schon bei den Lipariten Erwähnung fanden, beobachten. Gewöhnlich erscheint auch Tridymit in der bekannten dachziegelförmigen Aggregationsform. Die Grundmasse, wo eine solche deutlich größeren Einsprenglingen gegenübertritt, was in der Mehrzahl der Fälle vorkommt, erweist sich unter dem Mikroskope als mikrokrystallines Aggregat der oben genannten größeren Ausscheidungen, oft mit bedeutend hervortretendem Plagioklas, meist aber ohne Glimmer. Daneben findet sich auch eine kryptokrystalline Ausbildungsweise und amorphe Glasbasis.

Die Struktur der Trachyte ist selten eine körnige, weitaus in den meisten Fällen eine porphyrartige oder porphyrische. Die rauhe Beschaffenheit rührt von Diskontinuitäten der Gesteinsmasse her, welche teils durch ursprüngliche Gasentwickelung, teils durch

nachträgliche Auswitterung entstanden sind. Mikrofluidal-Erscheinungen, sowie Anhäufungen und Zerbrechung von Krystallen weisen auch hier auf Bewegung der Masse vor der Erstarrung hin.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 62—64 — Thonerde 16—19 — Eisenoxyd und -oxydul 6 — Kalk 1,8—2,5 — Magnesia 0,8 — Kali 3,6—5,5 — Natron 4,5 — Wasser 0,5—1,0.

Vorkommen. Trachyte bilden, wie die Liparite, Kuppen und Gänge, sind als Laven in Strömen oder als vulkanische Auswürflinge entwickelt. Ihr Hauptverbreitungsgebiet in Europa sind: Siebengebirge, Westerwald, Rhön, Siebenbürgen, Italien und Frankreich.

177. Phonolith. Unter diesem Namen sind hier Gesteine verstanden, welche vorwiegend die Kombination Sanidin, Nephelin resp. Leucit*) darstellen. Mit ihnen sind stets Mineralien der Augit-Hornblende-Gruppe sowie Nosean und Hauyn verbunden. Untergeordnet erscheinen dann auch Apatit, Magnetit, Titanit, Glimmer, Plagioklas und andere. Diese Gemengteile bilden eine dicht erscheinende, unter dem Mikroskope krystalline Grundmasse, in welcher größere Krystalle von Sanidin, Nephelin, Hauyn ꝛc. porphyrisch ausgeschieden liegen. Das Gestein ist in der Regel fest, neigt zu plattenförmiger Absonderung und klingt (daher Klingstein), wenn es mit einem Metallstabe geschlagen wird.

Die Farbe der Phonolithe ist in der Regel eine dunkel graugrüne.

Unter dem Mikroskop charakterisieren sich die Gemengteile durch jene Eigentümlichkeiten, welche schon im Allgemeinen Teile hervorgehoben wurden. Bemerkenswert ist, daß sich hier sehr häufig infolge der Zersetzung der Sanidine, Hauyne u. dergl. eine Zeolithbildung beobachten läßt. Außerdem treten Zeolithe und kohlensaurer Kalk sehr häufig als Ausfüllung von Hohlräumen, welche sich mitunter zahlreich besonders an der Oberfläche finden, auf. Selten läßt sich neben dem mikrokrystallinen Gemenge der genannten Mineralien amorphe Gesteinsbasis nachweisen.

Struktur. Die Struktur der Phonolithe ist in der Regel eine porphyrartige, seltener eine körnige; übrigens läßt sich die erstere oft nur unter dem Mikroskope erkennen, da die größeren

*) Es ist bemerkenswert, daß der Leucit bis jetzt als Gemengteil eines vortertiären Gesteines nicht aufgefunden wurde.

Ausscheidungen zuweilen keine bedeutenderen Dimensionen annehmen.

Chemische Zusammensetzung im Mittel: Kieselsäure 59,4 — Thonerde 19,5 — Eisenoxyd 3,5 — Mangan 0,2 — Kalk 2,3 — Magnesia 0,7 — Kali 6,0 — Natron 7,0 — Wasser 1,6. — Mit Salzsäure behandelt löst sich ein Teil (15—55 %) des Gesteins.

Vorkommen. Der Phonolith kommt, ähnlich dem Trachyt, in Kuppen und Gängen an verschiedenen Lokalitäten, so besonders in Böhmen, der Lausitz, Zentralfrankreich &c., vor.

178. **Diorit.** Die wesentlichen Gemengteile des Diorits sind ein Plagioklas mit Hornblende, dazu tritt in der Regel Orthoklas, ferner schwarzer Glimmer, Chlorit, Apatit, Magnetit und in geringen Mengen Augit. An der Zusammensetzung mancher Diorite nimmt auch der Quarz in Körnern (Quarzdiorite) Anteil. Der Plagioklas, früher als Oligoklas bezeichnet, der aber zumteil auch Labrador sein dürfte, erscheint entweder in deutlich begrenzten Krystallen oder in Körnern. Makroskopisch ist er durch seine Zwillingsstreifung und seinen matten Glanz kenntlich. Seine Farbe ist weiß, gelblich oder grünlich. Der Orthoklas ist an dem Fehlen der Zwillingsstreifung, seinem stärkeren Glanz und dem meist frischen Erhaltungszustand zu erkennen. Die gewöhnlich stark vorwaltende schwarzgrüne Hornblende tritt entweder in kurzen Säulen, meist aber in Körnern und Fetzen oder in nicht deutlich begrenzten Partien auf. Oft stellt sich neben der Hornblende schwarzer Glimmer ein, welcher erstere zuweilen fast ganz verdrängt, wodurch die sogenannten Glimmerdiorite entstehen. Manchmal vertritt den Glimmer der Chlorit. Quarz ist makroskopisch selten zu beobachten, eben so wenig die übrigen oben genannten Gemengteile.

Accessorisch sind Titanit, Granat, Pistazit, Pyrit &c. vorhanden.

Die Farbe der Diorite ist meist dunkelgrau bis grün.

Unter dem Mikroskope. Wie makroskopisch so erweist sich das Gestein auch unter dem Mikroskope durchaus körnig. Die Plagioklase zeigen die charakteristische bunte Zwillingsstreifung zwischen + Nicols; doch wird die Erscheinung hier sehr häufig durch eintretende Trübung infolge von Zersetzung verwischt. Als Orthoklase werden in der Regel die nicht gestreiften Feldspathe angesehen. Die Hornblende, meist grün, öfters mehr

oder weniger zersetzt, zeigt unregelmäßige oder deutliche Krystallumrisse, oder faserige Aggregate (Epidiorite, wenn mit Augit verbunden), und ist durch Spaltbarkeit und Dichroismus wohl charakterisiert. Eingeschlossen findet man häufig Magnetitkrystalle und Apatitnadeln. Die übrigen Gemengteile zeigen keine besonders bemerkenswerten Eigentümlichkeiten.

Struktur. Die Struktur der Diorite ist, wie bereits hervorgehoben wurde, eine durchaus körnige. Zuweilen entsteht durch Parallelanordnung der Hornblendekrystalle eine schiefrige Struktur (Dioritschiefer); durch radiale Anordnung von Feldspath- und Hornblendenadeln in abwechselnden Schalen um einen Kern aus Feldspath und Hornblende bestehend zeichnet sich der sogenannte Kugeldiorit (Corsit) auf Corsica aus.

Chemische Zusammensetzung im Mittel: Kieselsäure 51,0 — Thonerde 18,5 — Eisenoxydul 11,0 — Kalk 7,5 — Magnesia 6,0 — Kali 2,5 — Natron 3,0 % — Spuren von Wasser.

Vorkommen. In Gängen und Stöcken oder Lagern in Granit und Gneiß und in den krystallinen Schiefern der paläozoischen Formationen. So in Deutschland (Harz, Thüringerwald, Erzgebirge), Ural.

Als Varietäten des Diorits sind zu nennen:

Ophit, quarzfrei, reich an Hornblende mit accessorischem Glimmer, Magnetit, Eisenglanz und Epidot als Zersetzungsprodukt (jünger als die eigentlichen Diorite). Pyrenäen.

Tonalit, aus weißem Plagioklas, Quarz in Körnern und Dihexaëdern, grünschwarzer Hornblende und sechsseitigen schwarzen Glimmertäfelchen bestehend. Adamello, südlich vom Tonalepaß in Tirol.

Kersantit und Kersanton sind quarzführende Glimmerdiorite mit Augit, welche in der Bretagne, in den Vogesen, im Hunsrück rc. vorkommen.

179. **Porphyrit.** Wesentliche Gemengteile. Unter Porphyrit versteht man porphyrisch entwickelte Diorite oder besser, porphyrisch entwickeltes Dioritmaterial. Es liegen also größere Ausscheidungen von Plagioklas und Hornblende oder schwarzem Glimmer in einer makroskopisch dichten Grundmasse. Zuweilen ist auch Quarz makroskopisch ausgeschieden. Meist ist dem Plagioklas auch etwas Orthoklas beigemengt. Die Gemengteile sind wie bei Diorit charakterisiert.

Die Farbe der Porphyrite ist in der Regel dunkel, braun, grau, grün.

Unter dem Mikroskop. Die Grundmasse zeigt entweder, wie die Grundmasse der Porphyre, amorphe Basis oder mikrofelsitische Ausbildung oder sie ist krypto- (Porfido rosso antico) und mikrokrystallin (Grenze gegen die Diorite) und dann vorwaltend aus Feldspath und Quarz oder aus Feldspath mit Hornblende oder Glimmer zusammengesetzt, oder sie ist fast nur ein Aggregat von Feldspathindividuen (Oligoklas), wodurch die Namen Quarzporphyrit, Hornblende-, Glimmer-, Oligoklasporphyrit hervorgerufen wurden. Die mikroskopische Beschaffenheit der Einsprenglinge gleicht im allgemeinen der der Dioritgemengteile.

Struktur. Die Struktur der Porphyrite ist eine porphyrische oder porphyrartige. Unter dem Mikroskope kehren hier im wesentlichen dieselben Eigentümlichkeiten, welche schon bei den Porphyren besprochen wurden, wieder.

Zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung liegen noch zu wenig Analysen vor.

Vorkommen in Stöcken, Gängen und Lagern: Altai, Vogesen, Erzgebirge, Alpen.

180. Hornblende-Andesit. Die wesentlichen Gemengteile sind Plagioklas und Hornblende, zu denen sich Biotit, zuweilen noch etwas Augit gesellt; eine Reihe dieser Gesteine führt auch Quarz, wonach quarzführende und quarzfreie Hornblende-Andesite unterschieden werden. Neben dem Plagioklas tritt meist Orthoklas (Sanidin) in wechselnden Mengen auf, daher die Grenze dieser Gesteine gegen die Trachyte und Liparite nicht immer scharf gezogen werden kann.

Der Plagioklas erscheint im Gegensatz zu den Plagioklasen der älteren Eruptivgesteine und analog dem Sanidin sehr oft in glasiger Ausbildung, so daß derselbe auch durch einen eigenen Namen als „Mikrotin“ davon unterschieden wurde; in der Regel tritt er in schmal leistenförmigen Krystallen auf. Ebenso sind Hornblende und Glimmer in der Regel in deutlich entwickelten Krystallen vorhanden. Quarz erscheint, wo er überhaupt vorkommt, in Körnern und Krystallen. Außer diesen Ausscheidungen führen viele hiehergehörige Gesteine noch amorphe Basis. Als Zersetzungsprodukte finden sich in manchen Andesiten

Opal und Chalcedon. Im Aeußern gleichen die Andesite sehr den Trachyten und Lipariten, von welchen sie früher nicht scharf geschieden wurden.

Unter dem Mikroskop. Ueber die mikroskopische Beschaffenheit der Gemengteile ist zu dem, was bei den Lipariten angeführt wurde, wenig hinzuzufügen. Der Plagioklas zeigt, wo er in der erwähnten glasigen Form auftritt, wasserhelle Leisten, welche zwischen den Nicols die bekannte buntfarbige Streifung zeigen. In manchen Andesiten erscheint er übrigens im Habitus der Plagioklase in den älteren Gesteinen. Zersetzungserscheinungen in Form schuppiger Aggregate lassen sich allenthalben beobachten. Glaseinschlüsse sind hier, sowie in den anderen Gemengteilen nicht selten. Der Quarz zeigt auffallenderweise weniger Glaseinschlüsse als bei den Lipariten, dagegen nicht selten Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglicher Libelle. Als untergeordnete Gemengteile sind unter dem Mikroskope sehr häufig zu beobachten Apatit, Magnetit, Hauyn, Granat.

Struktur. Selten sind die Andesite rein körnig, viel häufiger findet man eine porphyrartige Ausbildung, das heißt eine solche, wo größere Ausscheidungen einer mikrokrystallinen Grundmasse gegenüberstehen. Bei manchen findet sich infolge von auftretender amorpher Basis eine echt porphyrische Struktur.

Die chemische Zusammensetzung ist selbstverständlich nach dem Quarzgehalte verschieden.

Quarzführende Andesite: Kieselsäure 66,1 — Thonerde 14,8 — Eisenoxydul 6,3 — Kalk 5,3 — Magnesia 2,4 — Kali und Natron 4,7 — Wasser 0,5 %.

Quarzfreie Andesite: Kieselsäure 50,8 — Thonerde 17,3 — Eisenoxyd und -oxydul 7,6 — Kalk 6,0 — Magnesia 1,3 — Kali 3,1 — Natron 4,0 — Wasser 1,0.

Vorkommen. In ähnlichen Formen, wie Trachyte und Liparite, in Ungarn und Siebenbürgen, Euganeen, Siebengebirge, Eifel &c.

Mit dem Namen „Dacite"*) wurden ungarische quarzführende Hornblende-Andesite belegt.

---

*) Rosenbusch hat dann diesen Namen auf alle quarzführenden Hornblende-Andesite ausgedehnt.

181. Diabas. Die wesentlichen Gemengteile sind Plagioklas und Augit, in der Regel mit bedeutenden Mengen von Magnetit. Daran reihen sich mehr untergeordnet oder nur für einzelne Vorkommnisse charakteristisch: Hornblende, Biotit, Enstatit, Quarz, Olivin; Apatit findet sich allenthalben mikroskopisch in den Diabasen; auch Orthoklas stellt sich zuweilen neben dem Plagioklas ein. Als Zersetzungsprodukt kommen Chlorit und Calcit vor.

Der leistenförmige Plagioklas zeigt, wo er makroskopisch zu erkennen ist und wo die so ungemein häufige Zersetzung nicht stört, die bekannte Streifung. Der Augit erscheint meist als Krystallkorn zwischen den Feldspathkrystallen. Eine große Zahl von Diabasen besitzt übrigens ein so kleines Korn, daß die makroskopische Beobachtung keinerlei Gemengteile mit Sicherheit erkennen läßt.

Die Farbe des frischen Gesteins ist zumeist dunkel, grau, grün.

Unter dem Mikroskop erscheint der Plagioklas gewöhnlich in buntstreifigen Leisten, in der Regel stark zersetzt und zu feinkörnigen, kryptokrystallinen Aggregaten umgewandelt. Als Einschlüsse sind neben denen von associierten Mineralien, wie sie sich fast überall finden, Glaspartikelchen und opake Körner zu erwähnen. Die Augitkörner, in der Regel als Ausfüllung zwischen den Feldspathleisten vorkommend, sind gewöhnlich vom Rande her stark zu einer „chloritischen“ Masse zersetzt, welche wegen der Unsicherheit in ihrer Bestimmung hier wie anderswo mit dem Namen Viridit belegt wurde. Der Quarz, der teils als ursprünglicher Gemengteil, teils als Zersetzungsprodukt vorkommt, zeigt unregelmäßige Körner, oder erscheint als Ausfüllung von Hohlräumen. Bezüglich der übrigen Gemengteile muß auf ihre Charakterisierung im Allgemeinen Teil verwiesen werden.

Die Struktur der Diabase ist eine rein körnige. Die Korngröße schwankt dabei zwischen weiten Grenzen; besonders sind es die geologisch jüngeren Glieder dieser Gesteinsfamilie, welche ein makroskopisch durchaus nicht mehr auflösbares Korn zeigen und daher Aphanit genannt wurden. Zuweilen sind in einer solchen Gesteinsmasse größere Krystalle ausgeschieden, wodurch das Gestein ein porphyrartiges Ansehen gewinnt. Solche Gesteine wurden dann, wiewohl uneigentlich, da eine amorphe Basis fehlt, mit anderen, welche eine solche Basis besitzen (vergl. unten S. 110), „Diabasporphyre“ (richtiger „porphyrartige

Diabase") genannt. Je nach der Natur des vorherrschenden größeren Gemengteils unterschied man zwischen Labrador- und Augitporphyr (der sogenannte Porfido verde antico gehört hieher). Durch Parallellagerung der Feldspathleisten gewinnt das Gestein eine schiefrige Struktur (Diabasschiefer).

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 47,5 — Thonerde 16,3 — Eisenoxyd 12,5 — Kalk 11,2 — Magnesia 6,5 — Kali 0,9 — Natron 3,1 — Wasser 1,8 %.

Vorkommen. Die Diabase treten in Lagern zwischen den Sedimentgesteinen der paläo- und mesozoischen Periode auf und finden sich in Deutschland in Nassau, Westphalen, im Harze und Fichtelgebirge, ferner in Norwegen und Nordamerika.

Varietäten: Proterobas, ein Diabas mit bedeutendem Hornblendegehalt (Fichtelgebirge).

Variolith, eine Strukturvarietät des Diabases, die sich in der Kontaktzone der Diabase mit den Schiefern findet. Hier liegen in einer homogenen, oft krystalline Ausscheidungen enthaltenden Grundmasse mehr oder weniger an einander gedrängte, kugelige in die Grundmasse verfließende Gebilde, die sich unter dem Mikroskope als in der verschiedensten Art zusammengesetzt erweisen. Die Natur dieser Gebilde ist noch nicht vollständig aufgeklärt (Fichtelgebirge, Seealpen).

Diabasmandelstein, ein dichter Diabas, dessen zahlreiche Blasenräume mit Kalkspath erfüllt sind (Nassau).

182. **Gabbro.** Die wesentlichen Gemengteile sind ein Plagioklas mit Diallag oder Smaragdit; dazu gesellt sich meist Magnetit und Titaneisen nebst Apatit. Eine gewisse Gruppe von Gabbros ist durch einen bedeutenden Gehalt an Olivin ausgezeichnet (Olivingabbro und Forellenstein, wenn der Diallag zurücktritt). In vielen hieher gehörigen Gesteinen findet man auch Hypersthen oder Enstatit und Broncit. Der Plagioklas (Labrador und Anorthit) kommt in deutlichen Krystallen von grauer oder bläulichvioletter Farbe vor. In vielen Fällen ist der Feldspath saussuritartig (vergl. unten: Unter dem Mikroskop). Der Diallag von grauer, brauner oder schmutzig grüner Farbe erscheint zuweilen in größeren, unregelmäßig begrenzten Individuen mit dem charakteristischen, schillernden Glanz auf den Spaltungsflächen. Der Smaragdit ist leicht durch seine grüne Farbe und seinen Perlmutterglanz zu erkennen.

Als accessorische Gemengteile sind Biotit und Hornblende, Talk und Serpentin neben Granat, Pyrit rc. anzuführen.

Die Farbe der Gabbros ist in der Regel dunkel, grau, braun.

Unter dem Mikroskop charakterisieren sich die Gemengteile in der im Allgemeinen Teile bereits beschriebenen Weise. Der Plagioklas ist von zahlreichen Interpositionen als: Flüssigkeitseinschlüsse, schwarze Nädelchen und Körnchen, braune Täfelchen rc. getrübt. Sehr häufig findet man an Stelle des Feldspaths ein Aggregat von feinsten, teils farblosen, teils grünlichen Nädelchen und Körnchen und kleinen Quarzpunkten; dazwischen liegen dann zuweilen sich kreuzende gelbbraune kurze Säulchen und andere derartige Gebilde. Solche Aggregate werden als eine Feldspathspezies unter dem Namen „Saussurit“ aufgeführt, dürften aber wohl nur ein Zersetzungsstadium von Feldspath darstellen. Sehr häufig beobachtet man Verwachsungen des Diallags mit Hornblende, welche letztere den ersteren wie ein Rahmen umgiebt, oder mit den rhombischen Gliedern der Pyroxengruppe, in der Regel in der Weise, daß die Hauptaxen beider Mineralien parallel sind. Diallag und die rhombischen Pyroxene zeigen sehr oft Zersetzungserscheinungen, wobei sich Serpentin und chloritische Substanzen bilden. Die Olivine der Gabbros zeichnen sich vor denen anderer Gesteine durch ganz eigentümliche Interpositionen in Form von hakig gebogenen, zuweilen hübsch gruppierten nadelförmigen Mikrolithen aus. Die Olivine der Forellensteine zeigen die früher beschriebene Umwandlung in Serpentin sehr vollkommen.

Die Struktur der Gabbros ist eine durchaus körnige, ohne Spur von glasiger Basis.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 53,7 — Thonerde 20,8 — Eisenoxyd 1,0 — Eisenoxydul 7,6 — Kalk 9,2 — Magnesia 1,6 — Kali 1,6 — Natron 3,3 — Glühverlust 1,3%.

Vorkommen in Stöcken zwischen Granit, azoischen und paläozoischen Schiefern (Harz, Sachsen, Vogesen, Alpen, Norwegen).

Unter dem Namen „Norit“ werden von Rosenbusch alle diejenigen älteren Gesteine zusammengefaßt, in denen neben dem Plagioklas irgend ein rhombischer Pyroxen als wesentlicher Gemengteil vorkommt, da eine Trennung derselben, wegen der Schwierigkeit einer Unterscheidung der rhombischen Pyroxene

von einander, schwer durchführbar ist. Gewöhnlich werden diese so zusammengesetzten Gesteine unter verschiedenen Namen als Norit, Hypersthenit, Schillerfels, Bastitfels, Protobastitfels ꝛc. aufgeführt. Es sind dies sämtlich ältere, fein- bis grobkörnige Gesteine von mehr oder weniger dunkler Färbung und untergeordneter Verbreitung. Nordamerika, Norwegen, Harzburg, Volpersdorf.

183. **Diabasporphyrit.** Unter diesem Namen sind hier jene Gesteine verstanden, welche neben den krystallinen Gemengteilen der Diabase noch eine amorphe Basis aufweisen, so daß sich diese Gesteine zu den körnigen Diabasen so verhalten, wie die Quarzporphyre zu den Graniten. Von einer Beschreibung der Gemengteile, welche porphyrisch ausgeschieden sind oder auch einen Teil der Grundmasse bilden, kann daher hier abgesehen werden. Die Basis ist entweder ein mehr oder weniger mit Entglasungsprodukten erfülltes Glas oder sie ist verbunden mit kryptokrystallinen Elementen mikrofelsitisch. Es ist begreiflich, daß eine große Menge der bis jetzt nur makroskopisch bestimmten Gesteine, welche hieher gehören, teils unter den Diabasen (vgl. oben die Diabasporphyre), mit welchen sie durch Uebergänge verbunden sind, teils bei den Melaphyren (vgl. unten) zu suchen sind. Demgemäß fällt auch das Vorkommen dieser Gesteine zumeist mit dem bei Diabas und Melaphyr erwähnten zusammen.

Palatinite nennt man hieher gehörige, dunkle, melaphyrähnliche Gesteine, der Dyas angehörig, welche sich durch einen Gehalt an Enstatit und spärliche amorphe Basis auszeichnen (Saar-Nahegebiet).

184. **Melaphyr.** Wesentliche Gemengteile sind Plagioklas, Augit und Olivin mit Magnetit und Titaneisen nebst etwas Apatit und einer Basis. Makroskopisch sind die Gemengteile selten deutlich erkennbar. Die ganze Melaphyrgesteinsmasse dagegen erscheint zähe, hart, dunkel (meist schwarz, grünlich, rötlich, bräunlich), von unebenem Bruche und der Härte gegen 6. An verwitterten Flächen erscheint das Gestein durch Zersetzung der eisenhaltigen Bestandteile rötlichbraun gefärbt.

Accessorisch treten Pyrit, Eisenglanz, Kupfer und Silber, zuweilen auch mikroskopischer Quarz auf.

Unter dem Mikroskop. Die leistenförmigen, buntstreifigen Plagioklase mit zahlreichen Glas- und Schlackeneinschlüssen zeigen häufig Zersetzungserscheinungen, wobei sich in der Regel

kohlensaurer Kalk bildet; zuweilen findet man auch sanidinartige Orthoklase. Der Augit, häufig und besonders in glasreichen Melaphyren sehr zurücktretend, zeigt die schon bei den Diabasen erwähnten Eigentümlichkeiten; manche Melaphyre weisen auch ganz geringe Mengen von Hornblende und Biotit auf. Der Olivin ist teils in deutlicher Krystallform, teils als Korn in der Grundmasse vorhanden. Er zeigt häufig die oft erwähnte Umwandlung in Serpentin oder auch in Chlorit und Delessit; auch Umwandlungen desselben in Eisenoxyd findet man zuweilen. Der Apatit bildet die auch sonst überall verbreiteten langen hellweißen Nadeln. Die amorphe Basis der Melaphyre, deren Mengenverhältnis den krystallinen Ausscheidungen gegenüber ein sehr wechselndes ist, gleicht im wesentlichen der der Porphyre; sie ist teils ein reines Glas, teils gekörnelt oder von anderen zahlreichen Entglasungsprodukten durchsetzt, teils mikrofelsitisch.

Die Struktur der Melaphyre zeigt alle Uebergänge von vollkommen porphyrischer bis fast körniger Entwickelung. Mikrofluidalstruktur läßt sich oft beobachten. Eine besonders häufige Erscheinung bei Melaphyren ist die Mandelsteinstruktur; die durch Gasentwickelung im Gestein entstandenen, mitunter sehr zahlreichen Hohlräume von verschiedener Größe und Gestalt, oval, zugespitzt, rundlich, wurmförmig gestreckt u. dergl., sind von den verschiedensten Infiltrationsprodukten erfüllt, so von Delessit, Chalcedon, Quarz, Calcit und Zeolithen.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 56,8 — Thonerde 17,8 — Eisenoxydul 6,6 — Kalk 7,0 — Magnesia 3,0 — Kali 2,1 — Natron 2,6 — Wasser 1,9%; außerdem geringe Mengen von Kohlensäure, Titansäure und Phosphorsäure.

Vorkommen in Stöcken, Gängen und Lagern in Nordamerika (Lake superior), Harz, Hunsrück, Böhmen, Südtirol. Seine Eruption fällt besonders in die Steinkohlenformation und in die Dyas.

185. **Augit-Andesit.** Als wesentliche Gemengteile sind aufzuführen Plagioklas und Augit, wozu sich untergeordnet Hornblende und Biotit, zuweilen auch Quarz gesellt; außerdem sind, jedoch meist nur mikroskopisch, Sanidin, Magnetit, Eisenglimmer, Apatit und Tridymit, amorphe Basis und zuweilen auch etwas Olivin zu beobachten. Als Zersetzungs-

produkte treten häufig Opal und Chalcedon auf. Die Gemengteile zeigen dieselben Eigenschaften, wie sie bereits bei den Hornblende-Andesiten beschrieben wurden. Auch das Gesamtaussehen der Gesteine gleicht sehr dem der genannten Andesite.

Unter dem Mikroskop. Ueber die mikroskopischen Verhältnisse ist zu dem bei den Hornblende-Andesiten angeführten nur weniges über die Beschaffenheit der Augite hinzuzufügen. Dieselben erscheinen meist in wohl entwickelten Krystallen und Zwillingen mit den charakteristischen unregelmäßigen Rissen neben der deutlichen prismatischen Spaltbarkeit. Dichroismus ist zuweilen zu beobachten. Zersetzungserscheinungen sind seltener. Im Gegensatz zu den Hornblende-Andesiten, welche eine durchaus krystalline Entwickelung auch in der Grundmasse viel häufiger zeigen, tritt hier öfters eine amorphe Basis als Zwischendrängungsmasse zwischen den krystallinen Bestandteilen auf.

Struktur. Vorherrschend ist auch hier, wie bei den Hornblende-Andesiten, die porphyrartige oder häufiger die porphyrische Struktur mit mehr oder weniger makroskopisch körniger oder dichter Grundmasse.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 57,2 — Thonerde 16,1 — Eisenoxydul 13,0 — Kalk 5,8 — Magnesia 2,2 — Kali 1,8 — Natron 3,9%.

Vorkommen in Stöcken, Gängen und Strömen (als Laven), welche sich zuweilen in Decken ausbreiten, in Ungarn, Island, Amerika.

186. **Basalt.** Erklärung. Der Beschreibung jener Gesteine, welche unter dem Namen Basalt zusammengefaßt sind, muß eine kurze Bemerkung vorangeschickt werden.

Bevor die Anwendung des Mikroskops auf die Gesteinsuntersuchung exaktere Bestimmungen der Gesteinszusammensetzung möglich gemacht hatte, wurde eine Reihe von meist auch geologisch verknüpften Gesteinen als Glieder einer Labrador und Augit führenden und mit dem Namen „Basalt“ bezeichneten Familie angesehen, welche nach Anwendung genauerer Untersuchungsmethoden mit Rücksicht auf ihre von diesem Typus abweichende mineralogische Zusammensetzung eine andere Stellung im System erhielten oder sogar ihre Selbständigkeit einbüßten. So wurden mit dem Namen „Dolerit“ grob- bis mittelkörnige Plagioklas- (und zwar, wie man annahm, Labrador-) Augitgesteine bezeichnet.

Sehr feinkörnige Gesteine derselben Zusammensetzung nannte man „Anamesit“, während unter „Basalt“ schlechthin dichte, schwarze Gesteine von der gleichen vorausgesetzten Zusammensetzung verstanden wurden. Da sich nun durch spätere Untersuchungen herausstellte, daß einerseits der Plagioklas dieser Gesteine durchaus nicht immer Labrador, sondern sehr häufig irgend ein anderes der zahlreichen Zwischenglieder zwischen Albit und Anorthit sei, wodurch eine große Zahl dieser Gesteine unter die Bezeichnung Augit-Andesit*) fiel, andererseits nachgewiesen wurde, daß manche „Basalte“ überhaupt keine Feldspathgemengteile enthalten und daher in die Gruppe der feldspathfreien Gesteine verwiesen werden müssen, so mußte in einem Systeme, das die Familien vorwiegend nach dem mineralischen Bestande bildete, die Bezeichnung „Basalt“ entweder aufgelassen oder ihr ein bestimmterer Begriff untergelegt werden. Da viele der eben erwähnten Gesteine den Olivin als (bisher als accessorisch angesehenen) Gemengteil enthalten, so wurde für die Bezeichnung „Basalt“ ohne Rücksicht auf das Korn die im folgenden aufgeführte Zusammensetzung als wesentlich festgestellt und alle jene Gesteine, welche dieser Zusammensetzung nicht entsprechen, in andere Familien verwiesen, so daß nun die Basalte als äquivalente jüngere Glieder der olivinführenden Diabase und Melaphyre erscheinen. Wenn dadurch auch einige äußerlich den Basalten ähnliche und mit ihnen verknüpfte Gesteine von diesen abgetrennt werden, so muß doch im Interesse eines strenge unter einem bestimmten Namen verstandenen Begriffes dieser Uebelstand ertragen werden, was um so leichter wird, je mehr eine bloß makroskopische Gesteinsbestimmung an wissenschaftlichem Werte verliert.

Wesentliche Gemengteile des Basalts sind also: ein Plagioklas mit Augit und Olivin; dazu gesellt sich Magnetit oder Ilmenit und Apatit. Als Zersetzungsprodukte treten häufig Carbonate auf (so z. B. Calcit). Wo, wie in den Doleriten, die Gemengteile deutlich erkennbar sind, findet sich der Plagioklas in weißen oder grauen glänzenden Täfelchen, der Augit in dunkelgrünen Säulchen; die übrigen Gemengteile sind makroskopisch

*) Ein Teil derselben wurde auch von Rosenbusch wegen ihres vorherrschenden Nephelingehaltes in eine eigene Familie („Tephrite“) zusammengefaßt und als jüngere Glieder mit den älteren „Teschenite n“ (siehe S. 115) unter die Gruppe „Plagioklas-Nephelin- (resp. Leucit-) Gesteine“ gebracht (vergl. Note S. 96).

meist nicht unterscheidbar. Die Anamesite erweisen sich bei Betrachtung mit unbewaffnetem Auge zwar als krystallinische Aggregate, ohne daß jedoch einzelne Bestandteile unterschieden werden könnten. Die eigentlichen Basalte dagegen sind schwarze, dichtaussehende Gesteine von mattem, flachmuscheligem Bruch, welche zuweilen einzelne größere Ausscheidungen porphyrartig enthalten.

Unter dem Mikroskop erweisen sich die Plagioklase als buntstreifige, schön leistenförmige und sehr frische Krystalle; im Gegensatz zu den Plagioklasen der Andesite sind Zonarstruktur und Einschlüsse, sowie Verwitterungserscheinungen selten. Höchst spärlich ist unter dem Mikroskope neben Plagioklas Sanidin beobachtet worden, dagegen öfters Nephelin. Augit zeigt teils deutlich umgrenzte Krystallformen, teils kommt er in Körnern vor; ihm fehlen, wie dem Feldspath, in der Regel alle Zersetzungserscheinungen. Der Olivin, selten von sehr geringen Dimensionen, zeigt besonders in den glasreichen Varietäten deutliche Krystallumgrenzung, während er in den körnigen Basalten häufiger als Krystalloid gefunden wird. Er zeichnet sich durch konstant wiederkehrende bräunliche, schwer durchsichtige Picotiteinschlüsse von quadratischem oder rhombischem Durchschnitt aus. In vielen Basalten ist neben den krystallinen Ausscheidungen noch glasige Basis in verschiedenen Mengen und verschiedenen Formen der Entglasung vorhanden.

Struktur. Die Basalte sind teils rein körnig, teils besitzen sie eine amorphe Basis, wodurch sie in die Reihe der porphyrischen Gesteine treten; sehr häufig ist der porphyrische Charakter auch makroskopisch durch größere Ausscheidungen kenntlich. Unter diesen Ausscheidungen sind besonders größere tropfenartige Körner von glasglänzendem, ölgrünem Olivin bemerkenswert, auch grüne Hornblendekrystalle finden sich als größere Ausscheidungen zuweilen. Einschlüsse von kugeligen Aggregaten, welche vorwaltend aus Olivin bestehen, hat man „Olivinbomben" genannt (vergl. unten Lherzolith). Andere Basalte sind von zahlreichen Hohlräumen durchsetzt, welche mit Carbonaten und Zeolithen ausgefüllt sind und daher Mandelsteinstruktur zeigen.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 43,0 — Thonerde 14,0 — Eisenoxyd und -oxydul 15,3 — Kalk 12,1 — Magnesia 9,1 — Kali 1,3 — Natron 3,9 — Wasser 1,3 %.

Vorkommen. Basalte kommen in Kuppen, Gängen, Strömen und Decken, oft in wiederholten Etagen vor; viele sind nachweisbare Laven (Aetna, Auvergne). Ihre Eruption fällt in die Tertiärzeit und dauert bis in die Gegenwart fort; ihre Verbreitung ist eine sehr bedeutende, so in Irland, Schottland, Deutschland, Frankreich, Italien.

Aus der Zersetzung der Basalte gehen die sogenannten Basaltwacken und Wackenthone hervor, welche wesentlich wasserhaltige Thonerdesilicate sind und durch Entfernung des Eisenoxyduls, der Kalk- und Bittererde und der Alkalien durch kohlensäurehaltiges Wasser entstanden sind. Es sind grünliche, grauliche, erdige und dichte, weiche Massen, in welchen noch die Ueberreste der ursprünglichen Mineralien Augit, Hornblende, Glimmer und Zeolithe eingeschlossen sind.

Als glasige Entwickelungsformen der Basalte sind die höchst untergeordnet vorkommenden und bislang als einfache Mineralien angesehenen Bildungen, welche unter den Namen Tachylit und Hyalomelan bekannt sind, anzusehen.

Außerdem dürften wohl auch unter den früher angeführten sauren Gläsern Gesteine zu finden sein, welche, wenn ihre chemische Zusammensetzung bekannt wäre, hieher gestellt werden müßten.

Anhangsweise möge hier noch ein vortertiäres, wenig bekanntes Gestein, der Teschenit*) aus Schlesien und Mähren, erwähnt werden. Derselbe besteht aus Plagioklas, Augit, Nephelin, Hornblende, Titaneisen und Apatit mit accessorischem Biotit, Olivin, Titanit und Magnetit, und zeigt grob- bis feinkörnige Struktur.

187. Nephelinit und Nephelinbasalt. Wesentliche Gemengteile sind Nephelin und Augit; dazu tritt Magnetit, Apatit und Olivin. Fehlt dieser letztere Gemengteil, so können die hiehergehörigen Gesteine einfach als Nephelinite bezeichnet werden, im anderen Falle gehören hieher die früher unter den eigentlichen Basalten verborgenen Gesteine und werden Nephelinbasalte genannt, unter welchem Namen, da die Korngröße nicht berücksichtigt wird, auch die „Nephelindolerite" verstanden sind. Das Quantitätsverhältnis von Nephelin und Augit ist

---

*) Rosenbusch stellt die Teschenite mit den früher genannten Tephriten (vergl. Note S. 113) in eine eigene Gruppe zusammen, welche sich den Plagioklasgesteinen so anschließt, wie die Gruppe der Orthoklas-Nephelingesteine (vergl. Note S. 96) den Orthoklasgesteinen.

ein verschiedenes, indem bald der eine, bald der andere Gemengteil vorherrscht. Nephelin bildet häufig wohl begrenzte Krystalle, meist aber erscheint er in grünlichgrauen oder gelblichen Körnern. Der schwarze Augit zeigt gewöhnlich deutlich entwickelte Krystalle.

Accessorisch treten auf: Leucit, Hauyn, Glimmer, Hornblende, Melanit, Melilith und zuweilen auch ein Feldspath.

Unter dem Mikroskop charakterisieren sich die einzelnen Gemengteile in der bereits im Allgemeinen Teile behandelten Weise. Schwierigkeiten kann nur die Erkennung des Nephelins bieten, wenn er nicht in deutlichen Krystallen vorkommt. In diesem Falle bedient man sich chemischer Reaktionen (Gelatinieren mit Salzsäure, Nachweis des Natrons durch Bildung von Kochsalzwürfeln u. dergl.). Der Augit zeichnet sich in größeren Individuen häufig durch seine rotbräunlichen Farben aus.

Die Struktur ist teils körnig (grobkörnig bis mikrokrystallin), teils porphyrartig und porphyrisch mit amorpher Basis. Im letzteren Falle sind es neben Nephelin, Augit und Olivin besonders die accessorischen Mineralien Hornblende und Glimmer, welche porphyrisch ausgeschieden sind; auch Mandelsteinbildungen kommen vor.

Chemische Zusammensetzung der Nephelinbasalte: Kieselsäure 45,5 — Thonerde 16,5 — Eisenoxyd und -oxydul 11,2 — Kalk 10,6 — Magnesia 4,3 — Kali 1,9 — Natron 5,4 — Wasser 2,7 %.

Vorkommen. In Kuppen und Gängen und Lavaströmen in Deutschland (Thüringerwald, Rhön, Baden, Sachsen), Böhmen.

188. **Leucitit und Leucitbasalt.** Wesentliche Gemengteile sind Leucit und Augit; daneben Magnesiaglimmer oder Hornblende, Nephelin und in manchen hiehergehörigen Gesteinen auch Hauyn und Nosean. Untergeordnet kommen Magnetit und Apatit vor. Eine gewisse Gruppe führt auch Olivin und so werden denn auch hier die olivinfreien einfach als Leucitite, die olivinführenden als Leucitbasalte bezeichnet. Der Leucit erscheint dort, wo er makroskopisch kenntlich ist, in ringsum ausgebildeten graulichweißen Krystallen, der Augit in schwarzen oder dunkelgrünen Säulen. Von den übrigen Gemengteilen tritt zuweilen Nephelin in weißen glänzenden Prismen und Nosean in verwitterten Körnern hervor.

Accessorisch sind Melilith, Glimmer, Granat und Titanit.

Unter dem Mikroskop zeigen die meist wohl entwickelten Leucitkrystalle jene im Allgemeinen Teile behandelten Eigentümlichkeiten und sind besonders bei einigermaßen größeren Dimensionen leicht zu erkennen; nur bei sehr winzigen Kryställchen und Aggregaten solcher kann eine exakte Bestimmung schwierig werden. Die übrigen Bestandteile zeigen kaum bemerkenswerte Besonderheiten. In vielen hiehergehörigen Gesteinen findet sich eine mehr oder weniger durch Körner und Trichite entglaste Basis.

Die Struktur der Leucitgesteine ist eine sehr wechselnde, teils porphyrartig, teils porphyrisch. Bei rein makroskopischer Betrachtung unterschied man zwischen Leucitbasalten, wenn das Gestein sich als eine schwarze, für das bloße Auge dichte Masse ohne größere Ausscheidungen zeigt, und Leucitporphyren (Leucitophyr), wenn dieser Masse größere Ausscheidungen gegenüberstehen, ohne daß dabei auf das Vorhandensein oder Fehlen einer Glasbasis Rücksicht genommen wurde.

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 48,9 — Thonerde 19,5 — Eisenoxyd und -oxydul 9,2 — Kalk 8,9 — Magnesia 1,9 — Kali 6,5 — Natron 4,4%.

Vorkommen. Die Lagerungsverhältnisse sind dieselben, wie bei den eigentlichen Basalten; die Verbreitung ist eine geringere. Man findet Leucitgesteine in Thüringerwald, Rhön, Erzgebirge und vorzüglich als Laven der jüngeren Vulkane Italiens (Albanergebirge) und in der Umgebung des Laachersees in der Eifel, oft als lose Blöcke und zwar hier häufig mit viel Hauyn (Hauynbasalte, Hauynophyre) und Melilith.

Durch ihren Gehalt an Plagioklas und Sanidin nähern sich die Laven des Vesuv den eigentlichen Basalten.

189. **Greisen.** Ein körniges Gemenge von grauem Quarz und weißem, gelblichem oder grünlichem Glimmer (meist Lithionglimmer), in welchem accessorisch Zinnstein auftritt (Zinnwald). Er findet sich in Stöcken im Granit, in welchen er durch Aufnahme von Feldspath übergeht.

Stockwerksporphyr oder Zwittergestein ist ein porphyrartig entwickelter, eisenschüssiger Greisen mit schwarzem Glimmer und Chlorit (Altenberg in Sachsen).

190. **Turmalinfels** (Schörlfels), weißlichgraues, dichtes oder körniges, zuweilen schiefriges Gemenge von schwarzem Turmalin und grauem Quarz mit accessorischem Arsenopyrit, Zinnerz,

Glimmer, Topas. Geht durch Aufnahme von Orthoklas in Turmalingranit über (Cornwall, Erzgebirge).

191. **Granatfels**, ein körniges Gemenge von Granat und Hornblende mit Magnetit (Sachsen).

192. **Eklogit**, ein körniges Gemenge von grasgrünem Smaragdit oder lauchgrünem Omphacit (Omphacitfels) mit rotem Granat; damit verbunden erscheint Cyanit, weißer Glimmer, Olivin, Hornblende und Magnetit (Fichtelgebirge, Saualpe in Steiermark).

193. **Cordieritfels**, ein Gemenge von Cordierit, Granat und Glimmer, das übrigens auch Feldspath enthält, teils körnig, teils schiefrig (Cordieritgneiß) entwickelt ist und in Sachsen sehr untergeordnet vorkommt.

194. **Pikrit**, ein dunkelgrünes, krystallines, porphyrartig entwickeltes Gestein, bestehend aus der Kombination Olivin — Augit mit Enstatit, Magnetit, Hornblende und Biotit. Die Gemengteile sind selten frisch, in der Regel zu Serpentin und chloritischen Substanzen umgewandelt. Vortertiäre Gesteine, die mit den Tescheniten nahe verwandt sind und sich besonders in den schlesischen Karpaten finden.

195. **Eulysit**, ein dunkelgrünes, wesentlich aus Olivin und Diallag bestehendes Gestein mit einem reichen Gehalt an Granaten (Schweden).

196. **Lherzolith**, grünlichgraues, körniges Gestein aus Olivin, Diallag und Enstatit mit Picotit bestehend; häufig in Serpentin umgewandelt. Viele der sogenannten „Olivinbomben" (vgl. S. 114) im Basalte haben die gleiche Zusammensetzung, wie der Lherzolith (Pyrenäen, Norwegen).

197. **Dunit**, ein körniges Gemenge von Olivin und Chromit, welches sich mit Serpentin verknüpft auf Neuseeland findet.

b) Schiefrige.

198. **Gneiß.** Die Granitgemengteile Orthoklas, Quarz und Glimmer setzen auch den Gneiß zusammen, der sich also von jenem nur durch die Schieferstruktur unterscheidet, welche

durch parallele Lagerung der oft großen Glimmerlamellen und durch Streckung der Gemengteile nach einer Richtung hervorgebracht wird. Makro- und mikroskopische Eigenschaften der Gemengteile sind dieselben, wie bei Granit.

Accessorisch beobachtet man zahlreiche Mineralien, so Granat, Turmalin, Epidot, Zirkon, Hornblende, Chlorit, Magnetit, Pyrit, Apatit, häufig auch Graphit. Dadurch, daß die Eisenerze gewisse Gneißzonen parallel oder quer zur Schieferung ganz vorzüglich imprägnieren, entstehen die sogenannten Fallbänder.

Ueber die Strukturverhältnisse ist zu dem im Allgemeinen Teile über Schieferstruktur angeführten wenig hinzuzufügen, und dieses findet sich unten bei der Aufzählung der Varietäten. — Die Gneiße gehen einerseits durch Verlust der Schieferung in Granite (Kontaktgneiß), andererseits durch Aufnahme und Verlust von Bestandteilen in andere krystalline Schiefer (Hornblendeschiefer, Glimmerschiefer 2c.) über.

Die chemische Zusammensetzung der Gneiße, im allgemeinen der der Granite gleichend, schwankt selbstverständlich mit dem Vorwalten des einen oder anderen Gemengteils und zwar ziemlich bedeutend, so daß man die äußersten Glieder in kieselsäurearme (66% Kieselsäure) mit weißem Feldspath und dunklem Glimmer (graue Gneiße), und kieselsäurereiche (bis 76% Kieselsäure) mit viel rotem Feldspath und weißem Glimmer (rote Gneiße) unterschieden hat.

Vorkommen. Der Gneiß hat wohl die ausgedehnteste Verbreitung unter allen normalen Gesteinen, welche er sämtlich unterteuft. Die Gneiße wechsellagern mit anderen krystallinen Schiefern, mit Kalksteinen, Quarziten, Serpentin u. dergl., mit welchen sie die archäische oder Primitivformationsgruppe zusammensetzen. Gneißbildungen, welche jüngeren Formationen auflagern, kommen nur vereinzelt (Alpen, Schottland) vor. Die Gneiße zeigen in der Regel deutliche, mit der Schieferung parallele Schichtung; außerdem findet man übrigens auch Gneiße, welche mit Rücksicht auf ihre Lagerungsformen sehr an massige Gesteine erinnern. Von den zahlreichen Territorien, an welchen Gneiß zutage tritt, mögen nur einige der bedeutendsten erwähnt werden: Böhmen, Erzgebirge, Sudeten, Zentralalpen, Skandinavien, Schottland, Nordamerika, Brasilien.

1. Von Strukturvarietäten sind folgende hervorzuheben: Granitgneiß, mit sehr undeutlicher Schieferung.

Schiefriger Gneiß, mit durch parallele Lagen von meist zusammenhängenden Glimmerlamellen verursachter sehr deutlicher Schieferung.

Flaseriger Gneiß zeigt die schon früher beschriebene Flaserstruktur.

Lagengneiß, glimmerreiche und glimmerarme Zonen wechseln lagenförmig mit einander ab.

Cornubianit, ein dichter Gneiß mit undeutlicher Schieferung, welche nur durch abwechselnd verschieden gefärbte Lagen zu erkennen ist; meist an der Granitgrenze.

Porphyrartiger Gneiß entsteht, wenn sich größere, meist schön entwickelte Feldspathkrystalle von der übrigen Gesteinsmasse porphyrartig abheben. Haben die Feldspathe rundliche Formen und werden sie von Glimmer umhüllt, so heißt die Varietät Augengneiß.

2. Varietäten, hervorgerufen durch Vorwalten gewisser accessorischer Gemengteile:

Hornblendegneiß (Syenitgneiß), der Glimmer wird durch Hornblende verdrängt.

Chloritgneiß, in welchem an Stelle des Glimmers Chlorit getreten ist.

Eisenglimmergneiß, mit Eisenglimmer an Stelle des Glimmers.

Graphitgneiß, Graphit tritt an Stelle des Glimmers.

Cordieritgneiß, an Stelle des Glimmers stellt sich teilweise Cordierit ein.

Protogingneiß, mit viel grünem Talk neben dunklem Glimmer.

Andere Varietäten sind: Adulargneiß — Granatgneiß — Magnetitgneiß ꝛc. Alle diese Varietäten gehen sehr häufig durch Verlust der Schieferung in massige Gesteine über, welche von den entsprechenden Granitvarietäten (s. d.) nicht zu unterscheiden sind.

199. Granulit ist ein weißes, schiefriges Gestein, gebildet aus einem feinkörnigen Aggregat von Orthoklas und Quarz mit kleinen roten Granaten.

Unter dem Mikroskop lassen sich noch als weitere Gemengteile erkennen braungelbe Mikrolithen, Cyanitkryställchen, etwas Zirkon, Titanit, Turmalin u. a. Die kleineren Feldspathe zeigen eine eigentümliche feine Faserung und enthalten mit den Quarzen Flüssigkeitseinschlüsse.

Die Schieferstruktur wird vorzüglich durch dünne Quarzlamellen hervorgebracht. Tritt Glimmer dazu, wobei dann gewöhnlich die Granate verschwinden, so nähert sich das Gestein den Gneißen (Gneißgranulit).

Chemische Zusammensetzung: Kieselsäure 74,5 — Thonerde 10,7 — Eisenoxydul 5,6 — Kalk 2,2 — Kali 4,0 — Natron 2,5 %.

Vorkommen. Der Granulit ist ein deutlich geschichtetes Gestein, welches der Primitivformation angehört, wo er häufig mit Gneiß und Serpentin wechsellagert. Seine Hauptverbreitung hat er in Sachsen, wo er eine 6 Meilen lange, 2½ Meilen breite Ellipse bildet (sächsisches Granulitgebirge); außerdem findet er sich in Böhmen, am Main, in Niederösterreich, in Norwegen ꝛc.

Unter „Trappgranulit" versteht man einen grünschwarzen Granulit, der neben den obengenannten Gemengteilen einen Plagioklas, Magnetit und ein grünes, glimmerartiges Mineral enthält und mit den eigentlichen Granuliten in dünneren oder dickeren Platten wechsellagert.

Der sächsische Granulit wurde langezeit für ein eruptives Gestein gehalten und zum Granit gezählt; später neigte sich, mit Rücksicht auf seine ausgezeichnete Schieferung und Schichtung, die Mehrzahl der Forscher dazu, das Gestein zu den Gneißen zu zählen. In neuerer Zeit hat sich Rosenbusch vorzüglich wegen der prachtvollen Kontaktzone von metamorphen Schiefern, welche den Granulit Sachsens umgiebt, wieder entschieden für seine eruptive Natur erklärt.

200. **Hälleflinta** gleicht vollständig dem unter den massigen Gesteinen aufgeführten Felsitfels. Das Gestein zeigt in abwechselnden Lagen verschiedene graue, gelbliche, bräunliche und grüne Farbentöne. Da es sehr häufig in Gneiß übergeht, sieht man es als einen Gneiß mit ungemein feinem Korn an. Skandinavien.

201. **Porphyroide** (Flaserporphyr). In einer felsitischen Grundmasse, welche durch parallel angeordnete Glimmerlamellen eine flaserige oder schiefrige Struktur erhält, liegen größere Körner oder Krystalle von Orthoklas oder Plagioklas und Quarz. Der Glimmer ist sehr häufig gelblich bis grünlich, talkähnlich (Sericit). Harz, Taunus, Nordamerika.

202. **Glimmerschiefer** ist ein ausgezeichnet schiefriges Gestein, das aus einem Gemenge von Glimmer und Quarz in sehr wechselndem Verhältnis besteht (Glimmerschiefer fast ohne Quarz

auf der einen und sogenannte Quarzitschiefer auf der anderen Seite). Der Glimmer ist teils Kali-, teils Magnesiaglimmer und kommt in einzelnen parallel liegenden Blättchen sowie in zusammenhängenden Lamellen, welche zuweilen auf den Spaltungsflächen eine sehr feine wellige Fältelung zeigen (Faltenglimmerschiefer), zwischen den Quarzkörnern vor. Der Quarz bildet ebenfalls gewöhnlich linsenförmige oder parallelflächige Lagen, wodurch die Schieferung noch deutlicher wird; manchmal wechseln quarzreiche und glimmerreiche Lagen ab (Lagenglimmerschiefer).

Die Glimmerschiefer führen zahlreiche accessorische Gemengteile, welche durch besonderes Vorwalten eigene Varietäten hervorrufen. Besonders genannt mögen werden: Granat, als sehr konstanter accessorischer Gemengteil, Turmalin, Hornblende, Staurolith, Cyanit, Epidot, Talk, Chlorit, Graphit, Feldspath, Eisenglimmer, Magneteisen, Pyrit, Gold. Auf Klüften und in Hohlräumen enthalten die Glimmerschiefer zahlreiche Mineralien als Adular, Kalkspath, Zeolithe 2c.

Ihre Farbe, von der des Glimmers abhängig, ist gewöhnlich hell.

Die chemische Zusammensetzung ist, wie sich aus dem gesagten erwarten läßt, eine sehr schwankende; der Kieselsäuregehalt kann zwischen 40 und 80 % betragen.

Vorkommen. Der Glimmerschiefer baut mit den Gneißen, in welche durch Aufnahme von Feldspath Uebergänge stattfinden, in ausgedehnten Schichtenreihen neben den anderen krystallinen Schiefern die mächtige azoische Formationsgruppe auf und hat die größte Verbreitung in den Alpen, Böhmen, Sudeten, Skandinavien, Nordamerika, Brasilien.

Varietäten: Quarzitschiefer, vorherrschend aus Quarz mit nur wenig parallelen Lagen von Glimmer bestehend.

Paragonitschiefer mit Natronglimmer von weißlicher und lichtgrünlicher oder gelblicher Färbung (Alpen).

Sericitglimmerschiefer, parallele Lagen von hornsteinähnlichem Quarz werden von Sericit- und Chloritschüppchen getrennt.

Kalkglimmerschiefer, er enthält neben den gewöhnlichen Bestandteilen körnigen Kalk in linsenförmigen Lagen.

Amphilogitschiefer, feinschuppiger, grünlichweißer, talkreicher Glimmerschiefer mit geringerem Kieselsäuregehalt (Zillerthal).

Andere Varietäten, wie Eisenglimmerschiefer, Graphitglimmerschiefer ꝛc., erklären sich durch ihren Namen hinreichend.

203. **Phyllite** (Thonglimmerschiefer, Urthonschiefer). Die Phyllite sind dunkelgefärbte, graue bis grüne oder schwarzblaue sehr vollkommen geschieferte Gesteine, welche aus durchaus mikroskopischen Partikelchen von Glimmer, Chlorit, Quarz, Feldspath und anderen Mineralien bestehen, die selbst unter dem Mikroskope wegen ihrer Kleinheit und mannigfachen Verwachsung nicht immer deutlich zu erkennen und zu bestimmen sind. Die schön seidenglänzenden Spaltungsflächen zeigen häufig Parallelfältelung. Zur annähernden Feststellung des mineralogen Bestandes bedient man sich bei der Schwierigkeit der mikroskopischen Untersuchung der Löslichkeitsverhältnisse gegenüber verschiedenen Säuren; außerdem werden hiezu die Uebergänge in phaneromere Gesteine, welche nicht selten beobachtet werden können, benützt.

Die accessorischen Gemengteile sind hier fast eben so zahlreich wie bei den Glimmerschiefern und bedingen auch hier bei größerem Vorwalten eigene Varietäten.

Die chemische Zusammensetzung schwankt wie bei den Glimmerschiefern zwischen weiten Grenzen; der Kieselsäuregehalt kann zwischen 45 und 75% betragen.

Vorkommen. In ihrem Vorkommen und ihrer Verbreitung unterscheiden sie sich nicht wesentlich von den Glimmerschiefern.

Varietäten: Chiastolithschiefer, dunkelgefärbt mit Chiastolith-Säulchen (Pyrenäen).

Staurolithschiefer, glimmerreich mit Staurolithkrystallen (Pyrenäen).

Ottrelithschiefer, grau mit grünen sechsseitigen Ottrelithblättchen (Bayern).

Die sogenannten Frucht-, Garben-, Knoten-, Fleckschiefer sind Kontaktbildungen der Schiefer und krystallinen Massengesteine und zeichnen sich durch eigentümliche, vorwaltend aus Glimmerblättchen und Eisenoxyd bestehende Konkretionen (vergl. S. 58) aus, welche je nach ihrer Form den Schiefern die obigen Namen gegeben haben. Man führt die Erscheinungen, welche eine gewisse Gesetzmäßigkeit in ihrem Auftreten gegenüber dem benachbarten Eruptivgestein zeigen, auf eine Wirkung dieses letzteren zurück (vergl. den Dritten Teil).

Der Sericitschiefer ist eine phyllitähnliche Modifikation des Sericitglimmerschiefers, welche als rote oder grüne Sericitschiefer vorzüglich im Taunus vorkommen, doch auch in den Alpen gefunden werden.

Der Itakolumit ist ein den besprochenen Schiefergesteinen sich eng anschließendes, hellgelbliches oder licht rötliches, schiefriges Gemenge von Quarz und Glimmer (oder Talk, Chlorit, Sericit). Dadurch, daß sich die Glimmerlamellen um die Quarzkörner legen und in parallel welliggebogenen Lagen zwischen diesen sich durchziehen, erhält das Gestein eine gewisse Biegsamkeit, welche ihm den Namen „Gelenkquarz“ eingetragen hat. — Andere Itakolumite zeigen diese Eigentümlichkeit nicht, sondern sind bröckelig oder konglomeratartig. Das Gestein führt Gold (Nordamerika, Brasilien) und Diamanten (Brasilien).

III. Klastische Gesteine.

1. Vulkanoge klastische Gesteine.

204. Reibungsbreccien. Unter diesem Namen versteht man Gesteine, welche aus eckigen Bruchstücken älterer Gesteine bestehen, die durch ein Bindemittel von derselben Natur, wie das Eruptivgestein, welches die Breccie geschaffen hat, verkittet sind. Sie finden sich meist an der Grenze eines Massengesteins gegen das durchbrochene hin und sind dadurch entstanden, daß die empordringenden Eruptivmassen das durchbrochene Gestein zertrümmerten und dessen Bruchstücke wieder verkitteten (vergl. Fig. 28, S. 125). Manchmal gehören die Bruchstücke demselben Eruptivgestein an, das sie verkittet, indem ältere bereits erhärtete Massen von jüngeren wieder zertrümmert wurden. Sonst können diese Breccien natürlich aus den verschiedensten Gesteinen zusammengesetzt sein.

Reibungsbreccien begleiten sehr häufig die älteren Massengesteine, so besonders die Granite, Syenite, Porphyre, Melaphyre u. a., und werden wohl auch nach den vorherrschenden eingeschlossenen Bruchstücken als Granit-, Diabas-, Trachyt-, Basaltbreccien u. dergl. bezeichnet.

205. Tuffe. Unter Tuffen versteht man erhärtete, oft wieder zersetzte und mannigfach umgewandelte vulkanische Schlammablagerungen oder durch Wasser zusammengeschwemmte und

geschichtete, mehr oder weniger feinzerriebene Eruptivgesteine oder sogenannte vulkanische Aschen, Sande, Lapilli u. dergl. (vergl. unten S. 127), welche nach der Eruption auf Meere niederfielen, dort untersanken und so geschichtet wurden. Sehr häufig umschließen sie Petrefakten. Besonders Tuffe jüngerer Eruptivgesteine enthalten oft schön entwickelte Krystalle. Da auch die älteren Massengesteine ihre Tuffe haben wie die jüngeren so läßt dies auf eine ähnliche Entstehungsart schließen.

Besonders aufgeführt mögen werden:

Porphyrtuff, ein meist feinerdiger, verschieden gefärbter, oft gefleckter und geaderter Tuff, hervorgegangen aus zerkleinertem,

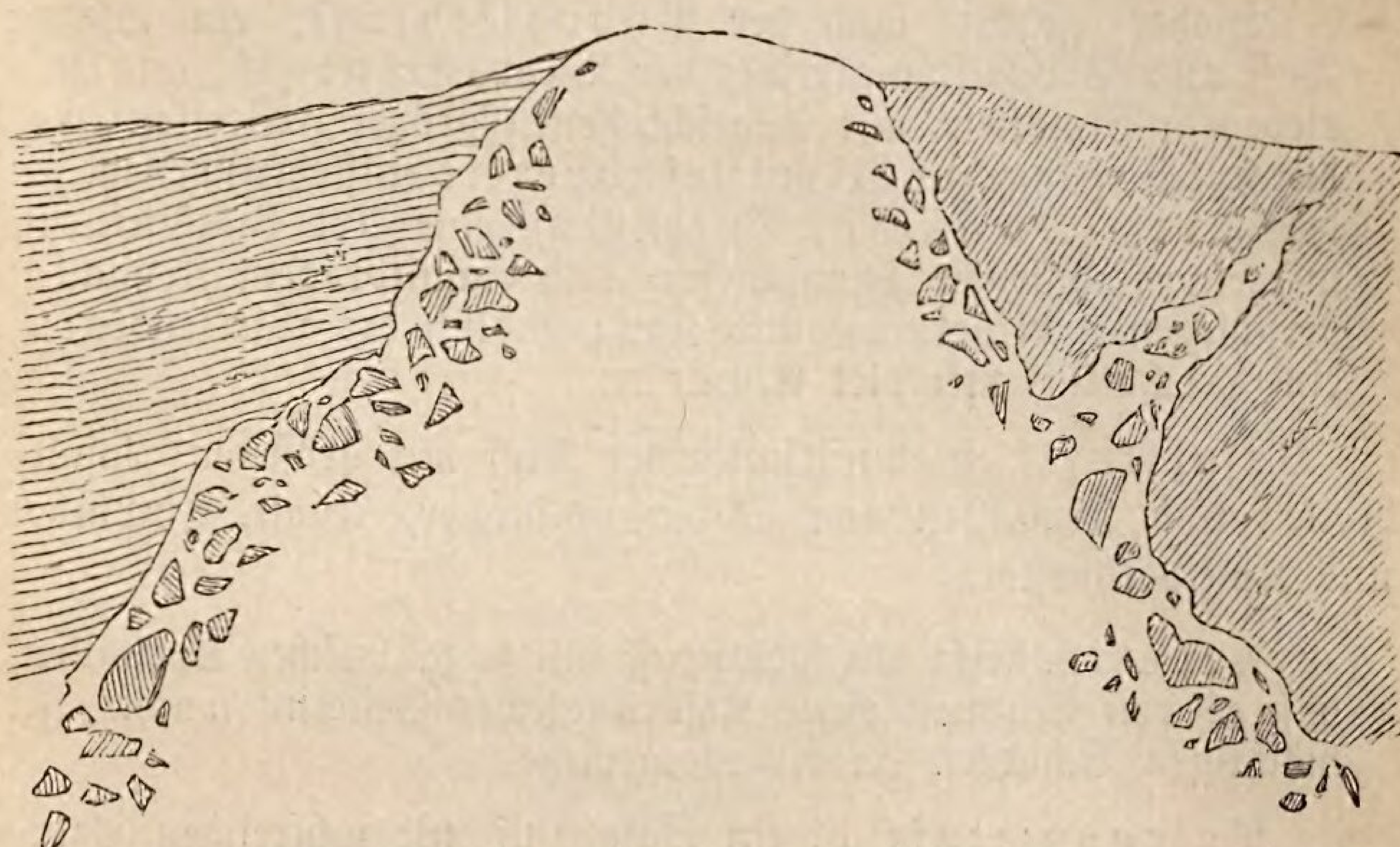


Fig. 28.

oft schlammartig zerriebenem Porphyr-, Granit- und Felsitmaterial, manchmal mit Feldspath- und Quarzkrystallen, Glimmerblättchen u. dergl. in guter Erhaltung; zuweilen mit Pflanzenversteinerungen. In der Umgebung der Porphyre.

Diabastuff (Grünsteintuff). Feinerdiger, dunkelgefärbter grüner oder brauner Tuff, entstanden aus zerkleinertem Material von Dioriten, Diabasen und anderen ähnlichen Gesteinen; häufig schiefrig. Sie gehen durch Beimengung eigentlich sedimentärer Bildungen in sogenannte Grauwackenschiefer über.

Mit dem Namen „Schalstein“ hat man Diabastuffe bezeichnet, welche mit viel kohlensaurem Kalk imprägniert sind und Thonschieferbruchstücke, Krystalle und Körner von Kalkspath und Plagioklas enthalten. Dadurch entstehen Formen, welche mit verschiedenen Namen, als: „Schalsteinbreccie“ und „-konglomerat“, „porphyrartiger“ und „mandelsteinartiger Schalstein“ 2c., belegt wurden. Sie sind ein Mittelglied zwischen Tuffen und echten Sedimentgesteinen.

Trachyttuff, ein Tuff von bald lockerer bald dichter Beschaffenheit und meist hellen Farben. Das Material haben jüngere Eruptivgesteine (Trachyte, Liparite, Andesite) geliefert. Sie enthalten oft größere Bruchstücke dieser Gesteine und zuweilen wohlausgebildete Krystalle von Sanidin, Hornblende, Biotit 2c.

Hieher gehört auch der Phonolithtuff, ein mürber Tuff aus Phonolithmaterial; der Bimssteintuff, aus zerriebenem Bimsstein mit eingeschlossenen größeren Brocken (wodurch Uebergänge zur Bimssteinbreccie entstehen) bestehend; der Traß (Duckstein, Tuffstein), eine Art Bimssteintuff mit eingeschlossenen Thonschiefer- und Basaltbrocken, Krystallen verschiedener Mineralien und Kalk; endlich der Alaunstein, ein Trachyttuff mit viel Alunit 2c.

Basalttuff, ein dunkelgefärbter Tuff mit größeren Basaltbrocken und Krystallen von Olivin, Glimmer, Augit, Amphibol und Kalkspathnestern.

Peperin heißt ein Basalttuff mit so zahlreichen Krystallen, daß es den Eindruck eines ursprünglichen Gesteins macht. In mächtigen Schichten im Albanergebirge.

Palagonittuff ist ein Basalttuff mit zahlreichen Palagoniteinschlüssen. Palagonit ist ein harz-(colophonium-)ähnliches amorphes Mineral mit zahlreichen Einschlüssen von Plagioklas, Augit, Olivin und anderen Mikrolithen. Oft besteht das Gestein fast ausschließlich aus Palagonitkörnern und wird dann Palagonitfels genannt. — Hiehergehörige Tuffe mit größeren, weißen, verwitterten Leuciten werden Leucittuffe genannt.

206. Lose vulkanische Auswürflinge. Darunter sind jene losen Schuttmassen verstanden, welche überall in vulkanischen Gegenden, besonders aber in der Umgebung noch thätiger Vulkane getroffen werden und je nach ihrer Größe unter folgenden Namen bekannt sind.

Vulkanische Blöcke. Kopfgroße und größere vulkanische Auswürflinge, welche im Innern krystalline, an der Oberfläche schlackige Struktur zeigen.

Vulkanische Bomben, rundliche oder keulenförmige Auswürflinge von Faust- bis Kopfgröße. Ihre Gestalt haben sie durch Rotation der noch weichen Auswurfsmasse erhalten. Platten sie sich beim Auffallen scheibenförmig ab, so entstehen die sogen. „Schlackenkuchen".

Lapilli (Rapilli) sind ähnliche aber kleinere, dunkelgefärbte schlackige und poröse Bildungen.

Bis erbsengroße Lavabruchstücke untermengt mit zahlreichen Krystallbruchstücken von Augit, Olivin, Feldspath ꝛc. werden „Puzzolan" genannt.

Vulkanischer Sand und vulkanische Asche. Unter diesen Namen versteht man hirsekorngroße bis staubfeine meist dunkelgefärbte vulkanische Eruptivprodukte, welche unter dem Mikroskope die mannigfaltigsten Bildungen zeigen. Teils sind es Krystallfragmente jener Mineralien, welche die vulkanischen Laven zusammensetzen, teils Mikrolithe und Gruppen von solchen, häufig mit anhängenden Glastropfen, teils Glassplitterchen, Scherben u. dergl. Sie bilden oft mächtige Ablagerungen in geringerer oder größerer Entfernung von Vulkanen, und wurden oft unter Mitwirkung von Wasser zu Tuffen verkittet.

2. Feste Zusammenschwemmungsgebilde.

a) Psephite.

207. Konglomerate. Hier sind abgerundete Bruchstücke älterer Gesteine durch ein bald sehr vorwaltendes bald kaum bemerkliches Bindemittel verkittet (vergl. Fig. 29, S. 128). Das letztere kann entweder ein einfaches Mineral (kalkiges, kieseliges Bindemittel) sein, oder selbst aus feinem Gesteinsschlamm bestehen. Die verkitteten Rollstöcke können den verschiedensten Gesteinen angehören; dabei stammen dieselben in einem Gesteinskomplex entweder nur von einem (monogene Konglomerate) oder von mehreren (polygene Konglomerate) ursprünglichen oder selbst schon deuterogenen Gesteinen her. Dieser Umstand, sowie auch die größere oder geringere Festigkeit der Verbindung bieten Anhaltspunkte zu Unterscheidungen. Nach der petrographischen

Beschaffenheit der Rollstücke unterscheidet man folgende sich selbst erklärende Konglomerate: Quarz-, Feuerstein- (Puddingstein), Kalkstein- (mit schönen Eindrücken, vgl. S. 63), Granit-, Porphyr-, Syenit-, Diorit-, Diabas-, Trachyt-, Bimsstein-, Basalt-Konglomerat u. v. a.; dazu die Konglomerate der verschiedenen Schiefer.

Unter Grauwacke versteht man ein meist dunkelgefärbtes Konglomerat von Quarz, Kieselschiefer, Thonschiefer, Feldspathkörnern und Glimmerblättchen verbunden durch ein sehr festes kieselig-thoniges Bindemittel. Bei schieferiger Struktur hat man die sogenannten Grauwackenschiefer. Die Grauwacken gehören vorzüglich dem Silur und Devon und der unteren Kohlenformation an.

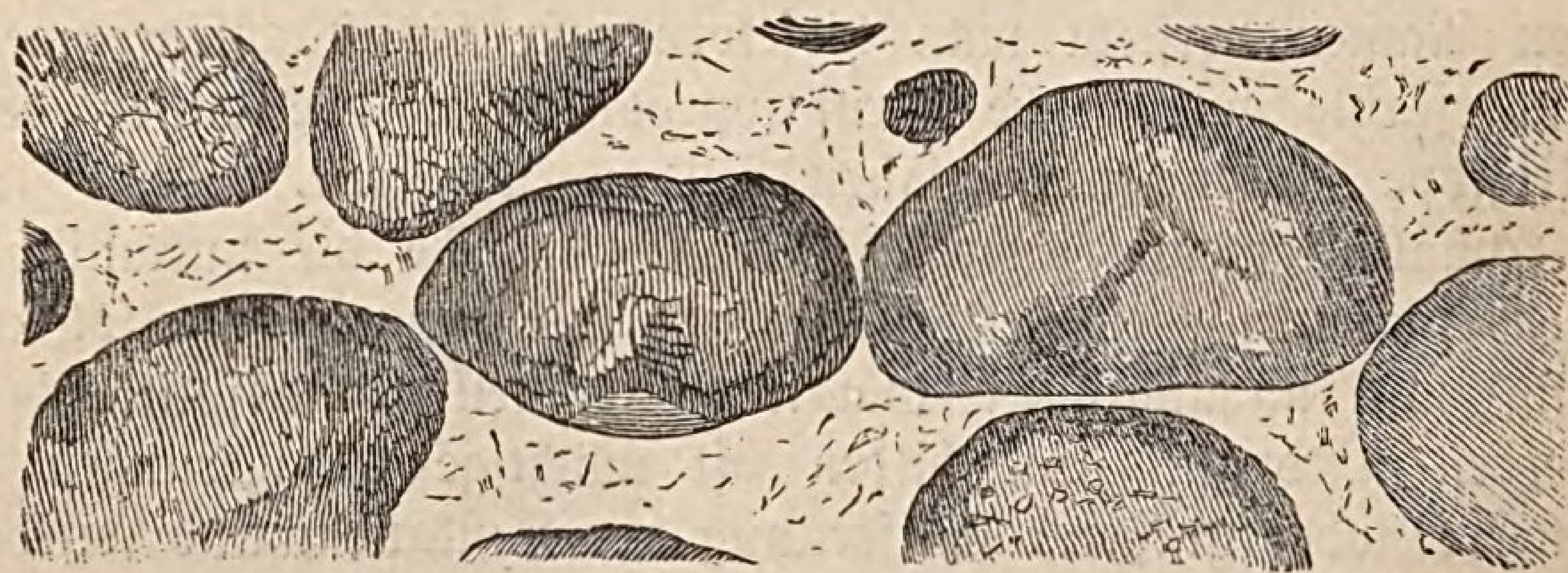


Fig. 29.

Die Nagelflue ist ein Konglomerat von Kalkstein und Sandstein mit Grauwacken, Quarz, Kieselschiefer, Granit, Gneiß, Serpentin, Gabbro ꝛc. verbunden durch ein hellgefärbtes kalkig-thoniges, spärliches Zement. Der Name rührt von den an der Gesteinsoberfläche vorragenden, an Nagelköpfe erinnernden festeren Geschieben her. Tertiär-(Molasse-)Gestein der Schweiz.

208. Breccien. Der Unterschied zwischen Konglomeraten und Breccien ist bereits an einer anderen Stelle hervorgehoben worden. Wie dort abgerundete Rollstücke, so sind es hier eckige Fragmente älterer Gesteine, welche durch ein eben so verschieden gestaltetes Bindemittel*) wie dort verbunden sind (vgl. Fig. 30). Uebergänge zwischen beiden entstehen, wenn sich neben eckigen

*) Der Unterschied zwischen diesen und den Reibungsbreccien liegt, wie aus ihrer Entstehung hervorgeht, wesentlich im Bindemittel.

auch abgerundete Geschiebe in der Gesteinsmasse finden. Gesichtspunkte für die Einteilung bieten auch hier, wie dort, teils das Bindemittel, teils die Geschiebe, welche auch hier von den verschiedensten ursprünglichen oder klastischen Gesteinen (z. B. Sandsteinen) herrühren können, wodurch dieselbe Mannigfaltigkeit der Bezeichnung für diese Gesteine entsteht. Als besondere Formen mögen etwa folgende hervorgehoben werden.

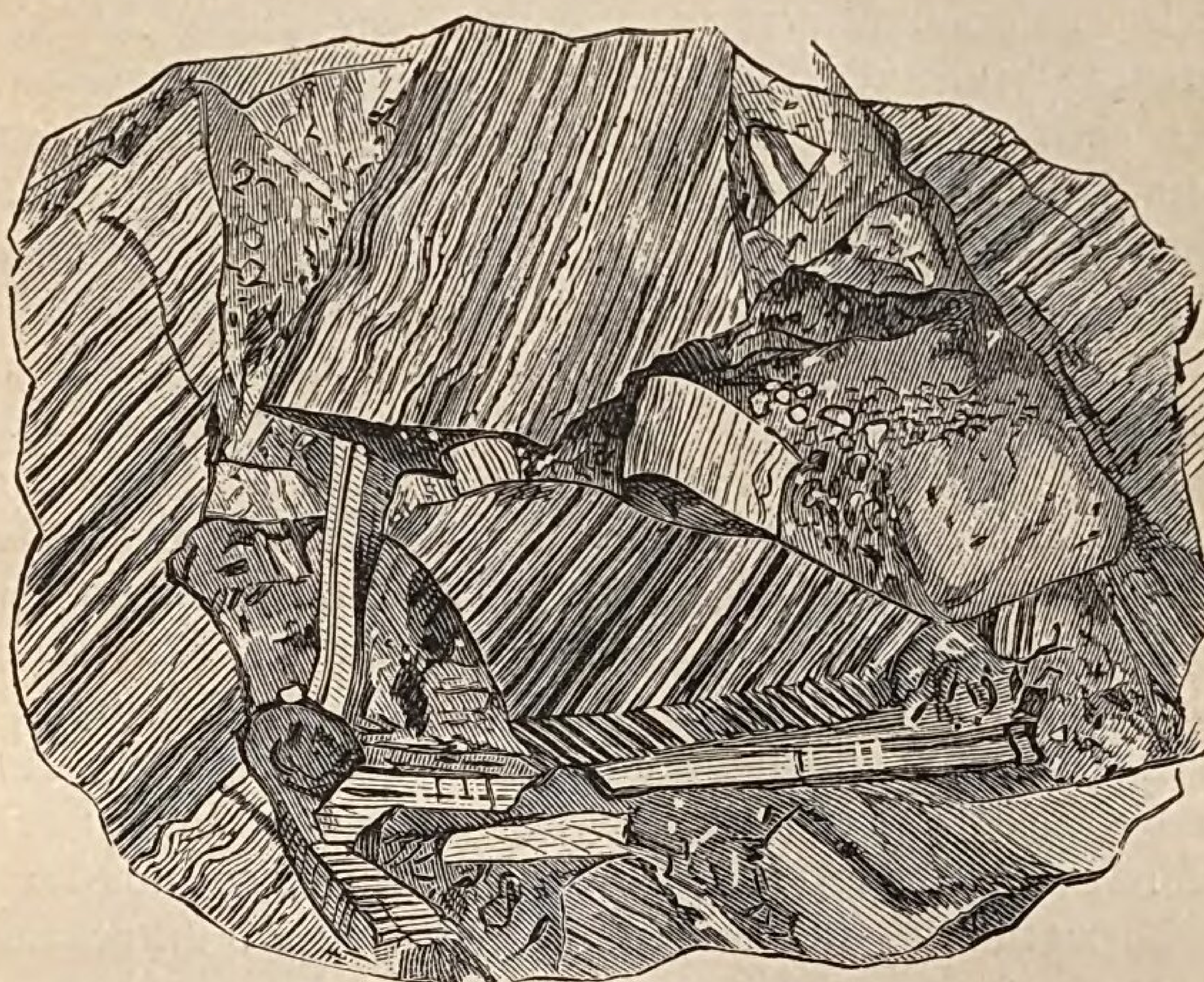


Fig. 30.

Das Haselgebirge, eine Breccie, welche aus durch Thon verkitteten Fragmenten von Steinsalz und damit verknüpften Gesteinen, als Gips u. dergl., besteht, und häufig in Begleitung der Steinsalzlager vorkommt (Alpen).

Knochenbreccien sind eigentümliche, aus Knochen und Zähnen von Wirbeltieren, Conchilienschalen und Kalksteinfragmenten zusammengesetzte, durch gelbes oder braunes thonigsandiges, oder kalkig-sandiges Bindemittel verbundene Gesteinsmassen, welche sich in Spalten von Kalkgebirgen, vorzüglich an der Mittelländischen Küste, aber auch im Innern der Kontinente findet.

Das **Bonebed** ist eine ähnliche, aus Fisch- und Reptilienresten und Koprolithen bestehende Breccie, welche als dünne Schicht zwischen Keuper und Lias an verschiedenen Orten, besonders aber in England und Südwestdeutschland, auftritt.

b) Psammite.

209. Sandsteine. Die Sandsteine unterscheiden sich von Breccien und Konglomeraten nur durch die geringe Größe der verkitteten Bruchstücke, hier Körner genannt, welche kaum die Größe einer kleinen Erbse erreichen dürfen. Unterhalb dieser Grenze findet sich die verschiedenste Korngröße. Die Körner gehören vorwiegend dem Quarze an, so daß andere Beimengungen nur als accessorische Bestandteile aufgefaßt werden. Als solche sind zu nennen Glimmer, Feldspath, Glaukonit, daneben in eigentümlichen Konkretionen Blei- und Kupfererze. Die Körner sind durch ein kieseliges, kalkiges oder thoniges oft sehr zurücktretendes Bindemittel zementiert. Die Schwankungen dieses letzteren veranlassen Uebergänge in andere Gesteine, so in eigentliche Thone, Kalke, Mergel oder in losen Sand. Die Farbe der Sandsteine ist verschieden: weißlich, gelblich, rötlich (wenn das Zement Eisenoxyd enthält), braun, grün (von Glaukonit), dunkelgrau bis schwarz (wenn im Zement Bitumen vorhanden ist).

Die Namen der verschiedenen Sandsteine werden entweder von den Formationen, in welchen sie sich finden, hergenommen (so „Old red sandstone“), oder nach dem Vorkommen („Vogesensandstein“), oder auch nach dem Bindemittel und den vorwaltenden accessorischen Gemengteilen gewählt. So unterscheidet man kieselige, kalkige, mergelige, thonige, eisenschüssige, bituminöse Sandsteine, ferner Glimmer- und Grünsandsteine (Glaukonitsandsteine).

Ueber die sogenannten krystallisierten Sandsteine vgl. S. 81.

Arkose (Feldspathpsammit) ist ein Sandstein, der viel Feldspath und Glimmer neben Quarz enthält. In verschiedenen Formationen.

Die Sandsteine gehören den verschiedensten Formationen an und nehmen neben den Kalksteinen und Mergeln einen hervorragenden Anteil an der Zusammensetzung der Erdveste, sie sind deutlich geschichtet und zeichnen sich manchmal durch schöne quaderförmige Absonderung aus.

c) Pelite.

210. Thonschiefer. Die Thonschiefer sind ausgezeichnet schieferige (oft Transversalschieferung zeigende), harte, meist dunkel, grau, schwarz, seltener grünlich, gelblich oder rötlich gefärbte Gesteine mit mattem Bruch. Die dunkle Farbe verursacht beigemengte verkohlte organische Substanz, die rote rührt von Eisenoxyd her, mit welchem manche Thonschiefer total imprägniert sind. Für das unbewaffnete Auge erscheint das Gestein dicht, ohne Spur einer krystallinen Struktur; unter dem Mikroskope beobachtet man vorherrschend feinst zerriebenen Staub älterer Gesteine, ohne seine Zugehörigkeit bestimmen zu können, daneben aber auch deutliche krystalline Elemente in Form von winzigen braunen Nädelchen, die früher als Hornblende und Augit gedeutet, in neuerer Zeit auch für Staurolith angesehen wurden. Gegenwärtig scheint es nahezu als erwiesen, daß sie als Rutil anzusehen sind. Sie erscheinen oft wunderlich gebogen, gespalten und in Gruppen geordnet und liegen gewöhnlich parallel den Schieferungsflächen. Ferner findet man Schüppchen von Glimmer und Eisenglanz, dann Magnetit, Kalkspath und Quarzkörnchen meist ohne deutliche Umgrenzung.

Accessorisch finden sich Quarz und Kalkspath in Trümern und Restern, Pyrit und organische Reste.

Die Thonschiefer bilden mächtige Schichten der Silur- und Devonformation (seltener in der Carbonischen oder in jüngeren Formationen); sie gehen öfters in krystalline Phylite über. Sie finden sich überall, wo die genannten Formationen entwickelt sind.

Teils nach Struktur, teils nach hervortretenden accessorischen Gemengteilen unterscheidet man folgende Varietäten:

Dach- und Tafelschiefer, sehr reine, graue bis vollkommen schwarze Varietäten, welche sich in dünne Tafeln spalten lassen und daher zu Schreibtafeln und als Dachbedeckung häufig verwendet werden.

Griffelschiefer. Durch Verbindung der Transversalschieferung mit der ursprünglichen entstehen stengelige Absonderungsformen (Griffel), welche zum Schreiben auf den oben genannten Tafeln dienen.

Wetzschiefer, graue, sehr feste, kieselreiche Schiefer.

Zeichnenschiefer, weich, kohlenstoffreich.

Alaunschiefer, dunkle Schiefer mit viel Kohlenstoff, welcher als Anthracit in bunt angelaufenen Häufchen und Schüppchen in den Spalten des Gesteins sich findet. Durch Zersetzung entstehen dann, da die Schiefer meist viel Pyrit enthalten, Eisenvitriol und Alaune.

211. **Schieferthon.** Der Schieferthon unterscheidet sich von dem vorigen Gesteine, mit welchem er die äußere Erscheinung, ausgezeichnete Schieferung und Farben gemein hat, durch seine geringe Härte, sein mildes und weiches Anfühlen und sein viel geringeres geologisches Alter. Die Schieferthone sind erhärtete Thone und Letten (daher Schieferletten, wenn sie bunte Farben zeigen), und weisen bei der mikroskopischen Untersuchung neben den staubartigen, thonigen Fragmenten älterer Gesteine ähnlich den Thonschiefern krystalline Elemente in Form von Nädelchen, Glimmer- und Eisenglanzblättchen, Quarzkörnchen und dergleichen auf. Kalk ist auch hier ein konstanter Bestandteil; accessorisch findet sich viel Pyrit.

Schwarze bitumenreiche Schieferthone heißen Brandschiefer. Es sind, wie die Thonschiefer, wohl geschichtete Gesteine, welche mit allerlei sedimentären Bildungen wechsellagern und bis in die Tertiärzeit herauf anzutreffen sind.

Anhang: Limmatische Gesteine.

212. **Kaolin.** Der Kaolin zeigt eine weiße oder auch gelbliche, rötliche, zerreibliche und meist abfärbende, scheinbar amorphe Masse, welche sich unter dem Mikroskope als aus staubartigen, erdigen Teilen neben krystallinen, perlmutterglänzenden Schüppchen zusammengesetzt erweist; beigemengt sind meist etwas Glimmer und Quarzkörner. Trocken fühlt er sich mager an, befeuchtet wird er plastisch (bildsam).

Kaolin geht aus der Zersetzung feldspathführender Gesteine z. B. der Granite, Porphyre, Gneiße rc. hervor und findet sich daher meist in Gesellschaft mit diesen in untergeordneten Lagern. Er ist ein wasserhaltiges Thonerdesilicat und wird auch als Mineral aufgeführt.

213. **Thon, Lehm, Löß.** Thon ist im wesentlichen dasselbe, wie Kaolin, jedoch durch allerlei Beimengungen stark verunreinigt. Trocken ist er erdig, zerreiblich, an der Zunge klebend,

befeuchtet sehr bildsam. Seine Farbe ist verschieden, weiß, gelblich, braun, grünlich, blau, grau rc.; dieselbe wird durch beigemengte verschiedene Oxydationsstufen des Eisens und anderer Stoffe hervorgerufen. Als Verunreinigungen treten allerlei Karbonate (von Kalk, Magnesia, Eisen) auf. Accessorisch findet man Pyrit und Gips, Hornstein, Schiefer u. a. neben organischen Resten.

Als besondere Varietäten sind zu nennen der Töpferthon, (besonders reine Varietät) — bituminöser Thon — Salzthon (mit Kochsalz imprägniert) — Alaunthon — Septarienthon (zeigt die S. 11 genannten Konkretionen) — Walkererde, ein Thon, der beim Befeuchten nicht plastisch wird, sondern zerbröckelt, dagegen sehr begierig Fett aufsaugt (daher seine Verwendung).

Lehm ist ein durch Quarzsand, Glimmerblättchen und Eisenoxyd verunreinigter Thon.

Löß ist ein durch Quarzsand und Kalkkarbonat sehr verunreinigter Thon, welcher Kalkkonkretionen (Lößkindel, vgl. S. 11) und zahlreiche organische Reste (Schnecken, Säugetierreste u. dergl.) enthält.

Die Thone und die verwandten Bildungen überdecken die Oberfläche oft in weiter Ausdehnung.

Porzellan- und Basaltjaspis werden durch Kohlenbrände oder durch Eruptivgesteine gebrannte Thone genannt. Sie sind ziemlich hart, zeigen mannigfache Farben, Streifung und Flammung und besitzen matten oder fettglänzenden, muscheligen Bruch.

Tschernosem (Schwarzerde) ist eine große Flächen des Europäischen Rußland bedeckende dunkle Erde mit viel organischen Substanzen und Diatomeenresten.

3. Lose Haufwerke.

214. Gerölle und **Geschiebe** sind lose Anhäufungen von teils abgerundeten, teils eckigen Bruchstücken verwitterter Gesteine, welche entweder durch das Wasser oder durch Gletscher oft viele Meilen weit von ihrer ursprünglichen Entstehungsstelle geführt worden sind. Besonders die durch Gletscher fortgeführten Gesteinsbrocken werden Geschiebe und wenn sie eine gewisse Größe erreichen erratische Blöcke genannt. Eigentümliche

Erscheinungen sind die hohlen Gerölle, d. h. Rollstücke, welche im Innern durch Auswitterung hohl geworden sind. Enthalten sie noch einen festen Kern, der beim Schütteln an die Wandung stößt, so nennt man solche Gebilde „Klappersteine". (Vgl. S. 11.) Andere Gerölle zeigen Ueberzüge von anderen Mineralien und Eisenoxyd (inkrustierte Gerölle). — Durch Verkittung dieser losen Haufwerke entstehen Breccien und Konglomerate.

Alle diese losen Haufwerke bilden die jüngsten Ablagerungen des Diluviums und Alluviums.

215. Kies und **Sand** sind ähnliche Ablagerungen loser Gesteinsbruchstücke, welche kaum Erbsengröße erreichen. Sie bestehen vorwaltend aus Körnern von Quarz, Feldspath, Kalkspath, Hornblende, Glimmer 2c. Nach der Korngröße sind verschiedene Bezeichnungen üblich, wie Grobsand, Mehlsand, Staubsand u. dergl. Nach der Natur der vorwaltenden Bruchstücke hat man z. B. Magnetitsand, Zirkonsand (Columbien), Granatsand (Frankreich) u. s. w. Der Muschelsand enthält Conchilienschalen und -bruchstücke beigemengt, der Knochensand solche von Knochen verschiedener Säugetiere. Durch Verkittung gehen aus den losen Sanden die Sandsteine hervor.

Dritter Teil.

Geologische Petrographie.

---

216. Erklärung. Gesteine bilden das Baumaterial der Erdkruste; jedes räumlich einigermaßen ausgedehnte Gestein bildet dieser gegenüber gewissermaßen ein Individuum, welches sich zu ihr verhält, wie ein Baustein zum Gebäude. So wie nun diese in verschiedener Weise aneinandergefügt werden, um je nach der Natur des Baues teils die Festigkeit, teils die Formenmannigfaltigkeit zu erhöhen, so zeigen auch die Gesteine eine bunte Abwechselung in der Neben- und Uebereinanderordnung, d. h. in ihrer Lagerung oder ihrer Architektur, von welcher der folgende Teil handeln soll. Da sich aber der menschliche Geist nirgends mit der bloßen Betrachtung des Gegebenen, des Wie? begnügt, sondern überall nach den Ursachen, nach dem Woher? oder dem Werden fragt, so ist mit der Lehre von den Lagerungsformen der Gesteine die von ihrer Entstehung oder ihrer Genesis verknüpft. Beide Teile gehören eben so wesentlich der Geologie wie der Petrographie an und bilden so ein inniges Band zwischen beiden Disziplinen.

I. Lagerungsformen der Gesteine.

217. Begriff. Wie bereits oben angedeutet, versteht man unter Lagerung eines Gesteins das durch die Art der Entstehung sowohl wie durch spätere mechanische Verschiebung hervorgerufene

Neben- und Uebereinandersein der Gesteine. Da somit die Lagerungsform von der Art der Entstehung wesentlich abhängt, so ergiebt sich die Notwendigkeit einer diesbezüglichen Unterscheidung zwischen genetisch verschiedenen Gesteinen, also zwischen Eruptiv- und Sedimentärgesteinen*). Es werden daher im folgenden zuerst die Lagerungsformen der Sedimentär- oder geschichteten Gesteine, dann die der eruptiven oder massigen Gesteine behandelt werden.

a) Geschichtete Gesteine.

218. Schichten. Zweifellose Sedimentärgesteine und die krystallinen Schiefer zeigen in der Regel deutliche Schichtung. Unter Schichtung eines Gesteins versteht man den Aufbau desselben aus parallel begrenzten Platten, die ihre Entstehung einem periodischen Absatz des Gesteinsmaterials verdanken. Eine jede solche Platte heißt eine Schicht. Ihre Begrenzungsflächen heißen Schichtflächen, und zwar jene gegen die jüngere Schicht Dachfläche (Epiklive), die andere Sohlfläche (Hypoklive). Der zwischen zwei Schichten liegende, durch Unterbrechung im Absatz des Gesteinsmaterials entstandene Zwischenraum wird Schichtungskluft genannt. Die Schichtungsflächen zeigen oft verschiedene Skulpturen, als: Wellenfurchen, Tierfährten, Eindrücke von Regentropfen u. dergl., von welchen die darüberliegende Schicht negative Abdrücke liefert. Hatte die untere Schicht beim Austrocknen vor Ablagerung der folgenden Risse erhalten, so werden diese durch die nächste Ablagerung ausgefüllt, woher es kommt, daß manche Schichten an ihrer Unterseite leistenförmige Vorsprünge zeigen. Die manchmal vorkommende fremde Ausfüllungsmasse zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schichten wird Besteg genannt.

Flötze heißt man Schichten nutzbarer Gesteine; ähnliche von größerer Ausdehnung heißen Lager. Eine Ablagerung offenbar aus dem Wasser ausgeschiedener Gesteine von ganz unregelmäßiger Begrenzung heißen Stöcke (vergl. Eruptivgesteine), so z. B. bei Steinsalz.

---

*) Vergl. den zweiten Abschnitt dieses Teiles.

219. Mächtigkeit der Schichten. Der senkrechte Abstand zwischen beiden Schichtflächen einer Schicht heißt ihre Mächtigkeit; sie kann eine sehr verschiedene (von wenig Centimeter bis mehrere Meter) sein; besonders mächtige Schichten werden Bänke genannt. In der Regel bleibt die Mächtigkeit längs einer größeren Ausdehnung der Schicht gleich; nimmt sie gegen den Rand hin fortwährend ab, so entsteht dasjenige, was man das Auskeilen einer Schicht nennt. Die Mächtigkeit einer Schicht läßt sich am besten dort beobachten, wo letztere von der Erdoberfläche quer durchschnitten wird, am sogenannten Ausgehenden oder den Schichtenköpfen. Es ist jedoch zu beachten, daß bei einem solchen Querschnitt einer Schicht nur dann die wahre Mächtigkeit zutage tritt, wenn derselbe senkrecht zu den Schichtungsflächen steht.

220. Schichtenreihen (Schichtensystem). Mehrere übereinanderliegende Schichten in paralleler Lage bilden ein Schichtensystem. In Bezug auf eine Schicht einer solchen Schichtenreihe nennt man die darüberliegenden Schichten das Hangende, die darunterliegenden das Liegende jener Schicht. Die übereinanderliegenden Schichten können gleichartig oder verschieden sein. Im letzteren Falle spricht man von Wechsellagerung. Die Wechsellagerung verschiedenartiger Schichten kann entweder eine unvermittelte sein, oder es findet ein Uebergang in der Art statt, daß mit den Schichten einer bestimmten Gesteinsart immer mächtigere Schichten der anderen Art wechsellagern, bis endlich die zweite Art nur mehr allein auftritt. In anderer Weise findet ein solcher Uebergang durch stetes Häufigerwerden von fremden Konkretionen statt, welche schließlich das erste Gesteinsmaterial vollständig verdrängen.

221. Ursprüngliche Schichtenlage. Alle sedimentären Schichten sind ursprünglich in horizontaler oder nahezu horizontaler Lage entstanden. Beweise dafür liefern neben der inneren Notwendigkeit, nach welcher eine Ablagerung aus dem Wasser nicht anders denkbar ist, eingeschlossene Rollstücke und Petrefakten, welche stets mit der platten, breiten Seite auf den Schichtungsflächen liegen, mögen diese jetzt eine beliebige Lage haben, Verhältnisse, welche nur bei ursprünglicher Horizontalstellung der Schichten eintreten konnten.

222. Gestörte Lagerung. Nicht immer befinden sich die Schichten in ihrer ursprünglichen Lage. Aus dieser wurden sie durch die verschiedensten Ursachen, wie Kontraktion des Erdkörpers, Spaltenbildung, Einstürze, Eruptivgesteine, Austrocknung oder Aufnahme von Wasser und dadurch hervorgerufene Volumvermehrung u. dergl. Umstände gebracht. Diese Störungen konnten zuweilen so bedeutende Dimensionen annehmen, daß Schichten

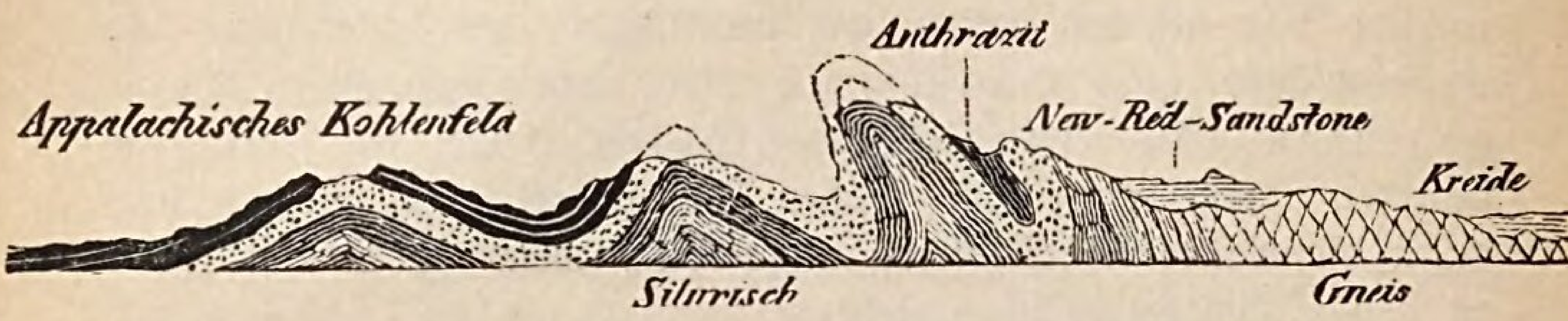


Fig. 31.

senkrecht aufgestellt (saigern, auf den Kopf gestellt), ja sogar darüberhinaus übereinanderhingelegt (überkippte Lagerung) wurden. Ein Bild von in verschiedener Weise gestörten Schichten giebt das obenstehende Profil Fig. 31. Diese Schichtenstörungen

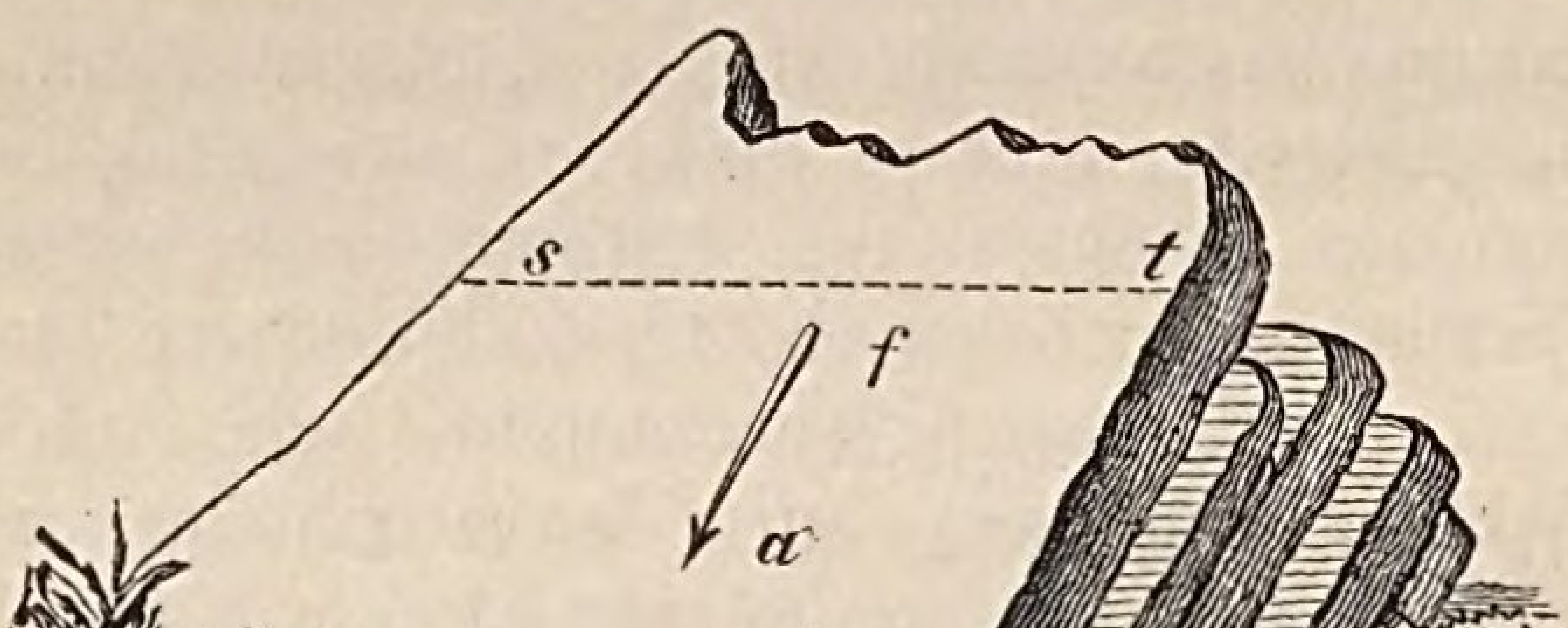


Fig. 32.

haben oft ganz eigentümliche Lagerungsverhältnisse hervorgerufen, welche einer besonderen Behandlung bedürfen.

Die Lage gestörter Schichten wird durch Streichen und Fallen derselben bestimmt. Unter ersterem versteht man den Winkel, welchen eine auf der Schichtungsfläche einer gestörten Schicht gezogene Horizontallinie (Streichungslinie), s t Fig. 32 mit dem Meridiane macht, unter letzterem den

Neigungswinkel der Schicht gegen den Horizont. Zur Bestimmung beider dient der bergmännische Kompaß. Derselbe besteht aus einer um eine vertikale Spitze drehbaren Magnetnadel und einem bequem damit verbundenen Senkblei. Der Kompaß ist zugleich so eingerichtet, daß durch Anlegung der Fassung desselben (oder eines damit fest verbundenen Lineals) an die Streichungslinie die Nadel sofort an einem geteilten Kreise den Streichungswinkel (häufig in „Stunden", „horae", anstatt in Graden angegeben) anzeigt*). Ebenso zeigt das Senkblei an einem Gradbogen den Einfallswinkel an, wenn das Instrument in derselben Weise an die

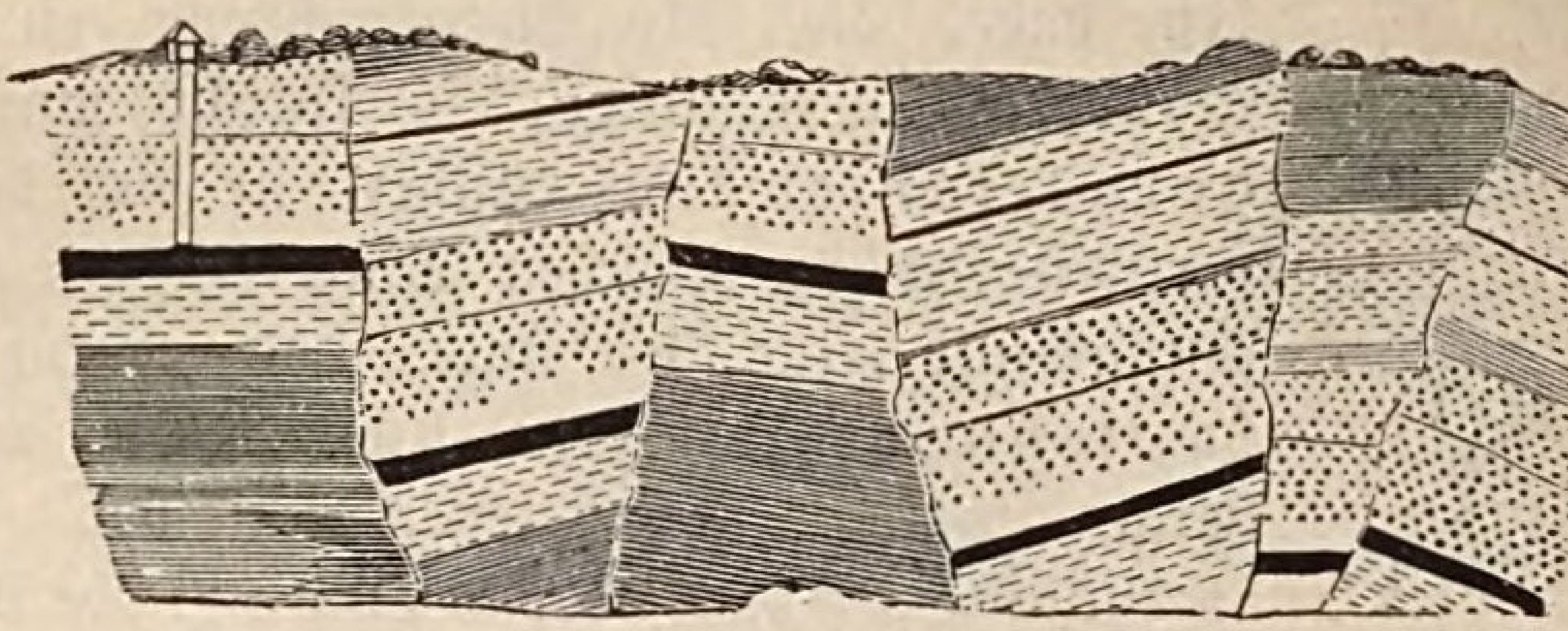


Fig. 33.

in der Schichtungsebene auf die Horizontallinie gezogene Senkrechte f a angelegt wird.

223. Verwerfungen. Infolge verschiedener Einwirkungen, wie Druck, Erschütterungen, unterirdische Einstürze, entstanden in den Gesteinsmassen Spalten, sodaß einzelne Stücke von anderen losgelöst wurden und für sich allein weiteren Verschiebungen (Dislokationen) ausgesetzt waren, wodurch sogenannte Verwerfungen hervorgerufen wurden (vergl. Fig. 33). Verwerfungen entstanden entweder dadurch, daß Stücke einer Schichtenreihe in die Tiefe sanken oder daß andere in die Höhe gehoben wurden. Die vertikale Differenz einer solchen Verschiebung heißt Sprunghöhe; dieselbe kann eine sehr beträchtliche Ausdehnung (an 100 m) erreichen. Die Spalten, längs welcher die

---

*) Wohl selten dürfte eine solche Bestimmung mit dem Kompaß so genau möglich sein, daß eine Rücksicht auf die Abweichung der Nadel vom geographischen Meridian nötig wäre.

Verschiebung stattgefunden, und welche infolge derselben häufig glatt poliert (Rutschflächen) oder mit Friktionssand oder -schutt erfüllt sind, heißen Verwerfungs-spalten, Sprünge, Klüfte.

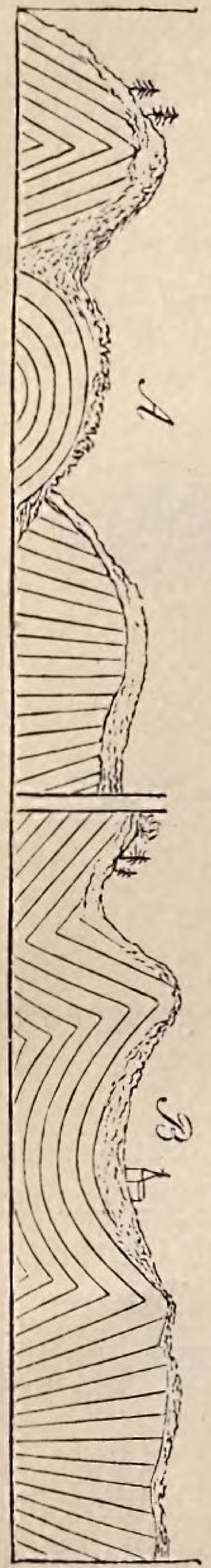


Fig. 34.

224. Faltungen. Seitlicher Druck oder Hebung und Senkung haben mannigfache Verbiegungen der Schichten hervorgerufen. Wiederholen sich dieselben öfter, so entstehen die sogen. Faltungen, welche im Profil*) oft einen schön wellenförmigen Verlauf zuweilen mit sehr steilen Windungen zeigen (vergl. Fig. 34). Ist dabei die Streichungsrichtung eine ungeänderte, geradlinige, so spricht man von geradelaufenden, ändert sie sich dagegen fortwährend im gleichen Sinn (ist die Streichungslinie eine krumme), von einem umlaufenden Schichtenbau. Die Wellenberge solcher gefalteten Schichten bilden sogenannte Sättel oder Kuppen, die Wellenthäler dagegen Rinnen, oder Mulden, jenachdem der Schichtenbau ein gerader oder umlaufender ist. Die Stellung der Schichten in Sättel und Kuppen heißt antiklinal (von einer höchsten Linie oder einem höchsten Punkte abfallend) (Fig. 34 A), jene der Rinnen und Mulden synklinal (einer tiefsten Linie oder einem tiefsten Punkte zufallend) (Fig. 34 B). Aufgeborstene Sättel führen zur Bildung von Spaltenthälern; sind die oberen Teile eines Sattels durch irgend eine Ursache entfernt, so spricht man von Luftsätteln (vergl. Fig. 35 S. 141).

Ausführliches übr ediesen Gegenstand und seinen Zusammenhang mit der Oberflächengestaltung der Erde ist Gegenstand der Geologie und physikalischen Geographie.

*) Unter einem geologischen Profil versteht man die Projektion von Schichten auf eine Ebene, welche auf der Streichungslinie senkrecht steht. Ein Profil giebt daher zwar Aufschluß über die Fallrichtungen von Schichten, nicht aber über ihre Streichung; letzteres muß durch einen Grundriß (Projektion der Streichungslinie auf die Horizontalebene) versinnlicht werden.

225. Fächerstellung, wie sie besonders häufig in den Alpen zu beobachten ist, wird bei sehr steilen Faltungen dadurch hervorgebracht, daß infolge seitlichen Druckes der untere Teil solcher Faltensysteme zusammengepreßt wurde, so daß der obere von einem Punkte oder einer Linie nach rechts und links überkippte Stellung zeigt, wobei durch Zertrümmerung Luftsättelbildung eintrat.

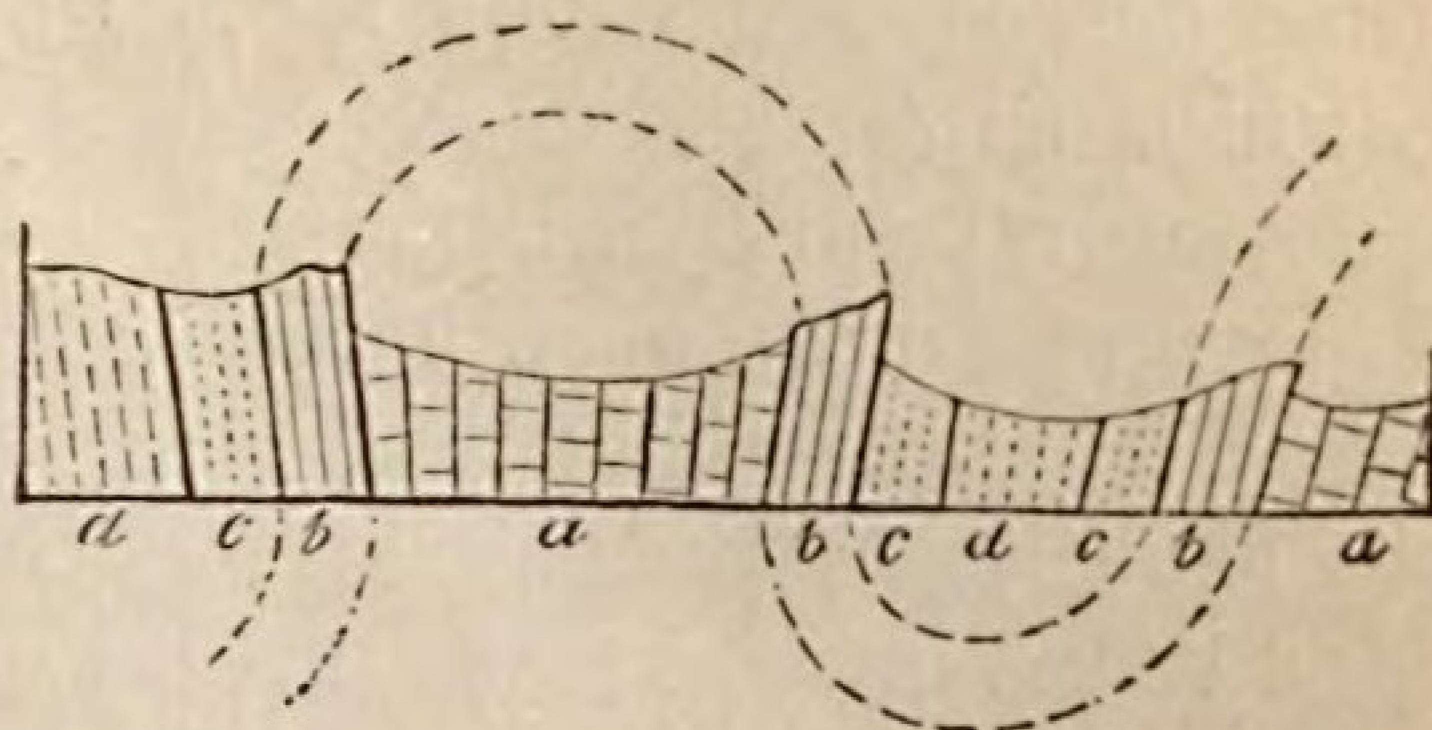


Fig. 35.

226. Konkordanz und Diskordanz der Schichten. Erfolgt ein Absatz neuer Schichten auf älteren, ungestörten, so zeigen beide Schichtensysteme, da eine spätere Störung sicher beide in gleicher Weise getroffen hat, konkordante Lagerung. Wurden

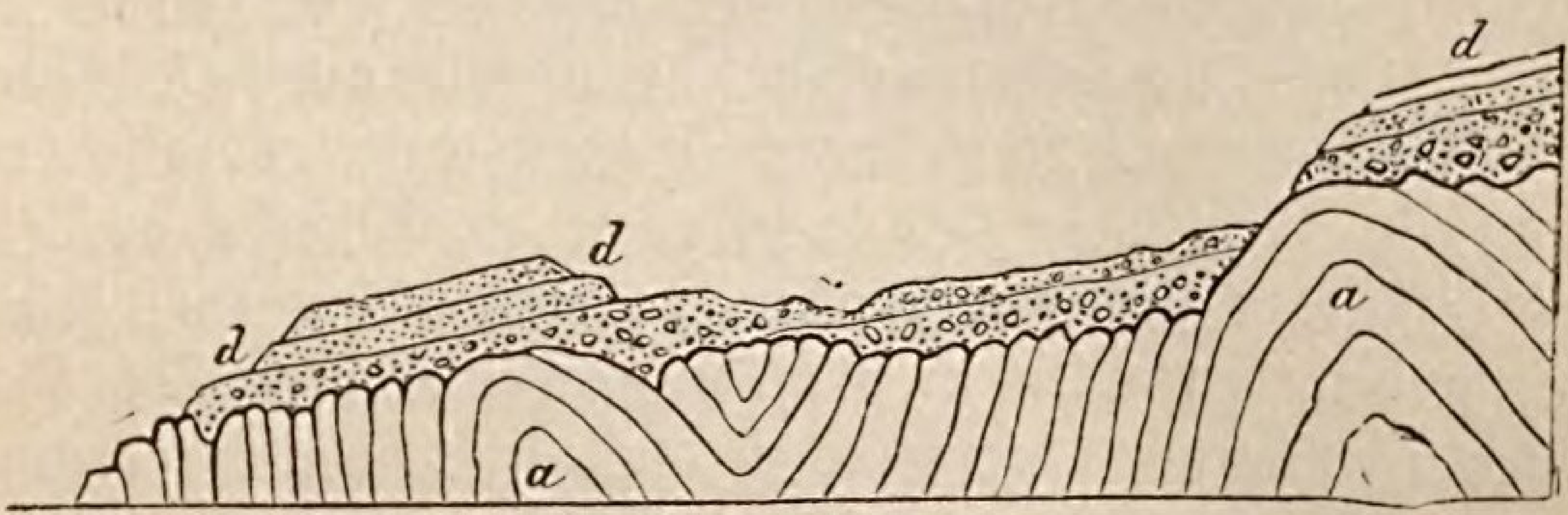


Fig. 36.

aber jüngere Schichten auf bereits gestörten abgesetzt, so findet natürlich keine Parallelität beider Schichtensysteme sowohl ohne weitere Störung als auch im Falle einer neuen Störung, welche beide betroffen hat, statt. Solche Schichten zeigen eine diskordante Lagerung. So liegt die Schicht d' (Fig. 36) konkordant auf d, beide aber diskordant auf a. Das Profil lehrt, daß die Schichten a vor der Ablagerung von d und d' eine Störung erlitten haben; die Schicht d' traf die Schichten d noch ungestört; nach der Ablagerung von d' hat eine neue Störung alle drei Schichtensysteme getroffen.

b) Massige Gesteine.

227. Unterschied von den Schichtgesteinen. Massige Gesteine unterscheiden sich in der Regel schon sofort von den Schichtgesteinen durch ihre Lagerungsformen. Die massigen Gesteine sind, sofern sie nicht den allgemeinen Untergrund (die ursprüngliche Erstarrungskruste) aller übrigen Gesteine bilden, durch Spalten der Sedimentärgebilde aus dem Erdinnern emporgedrungen; die häufigste bei massigen Gesteinen auftretende Lagerungsform wird daher im Gegensatz zur sogenannten Auflagerung der

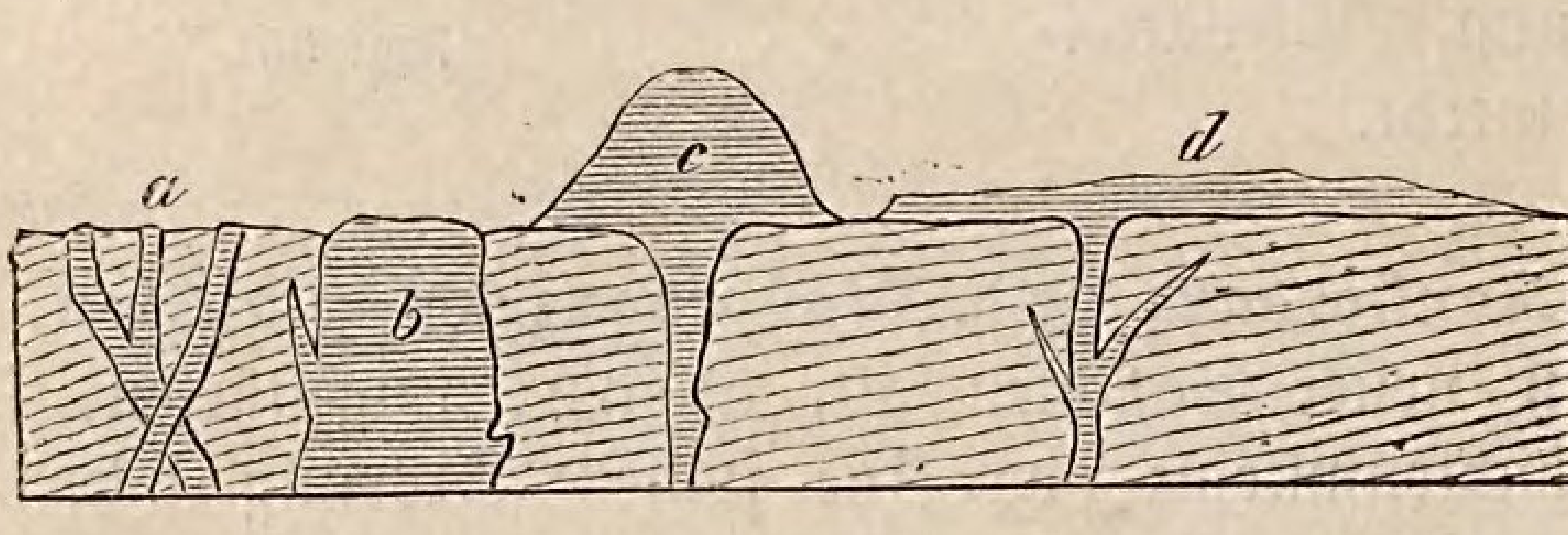


Fig. 37.

geschichteten Gesteine eine durchgreifende Lagerung sein, worunter man die Lagerungsform einer ein anderes Gestein in ganz unregelmäßiger Weise durchsetzenden Gesteinsmasse versteht. Erst an der Oberfläche des durchbrochenen Gesteins, wo sich die emporbringenden flüssigen Massen ausbreiten konnten, geht diese Lagerungsform zuweilen in die Auflagerung über. Die Formen der hier in Betracht kommenden durchgreifenden Lagerung sind Gänge und Stöcke, die der Auflagerung Ströme und Decken (Fig. 37).

228. Gänge. (Vergl. Fig. 38 S. 143.) Werden Gesteinsspalten von fremder Gesteinsmasse ausgefüllt, so entstehen Gänge. Sie durchsetzen meist ganz regellos das ältere Gestein, verzweigen sich zuweilen, senden kleinere Aeste (Apophysen) aus und zeigen eine sehr verschiedene Mächtigkeit. Sehr häufig läßt sich der Zusammenhang der Gesteinsgänge mit größeren Eruptivmassen nachweisen. Das Korn eines Ganggesteins ist in der Regel in der Mitte des Ganges gröber als an den Grenzflächen (Saalbändern), und die Struktur an den letzteren geht sehr oft in eine glasige über. Sehr häufig umschließen die Gänge Brocken des Nebengesteins; auffallend ist dabei, daß diese manchmal ganz

unverändert geblieben sind, während sie in anderen Fällen angeschmolzen (gefrittet) erscheinen. Gänge, welche ein nutzbares Metall führen, werden Erzgänge genannt; laufen Gänge der Schichtung parallel, so heißen sie Lagergänge.

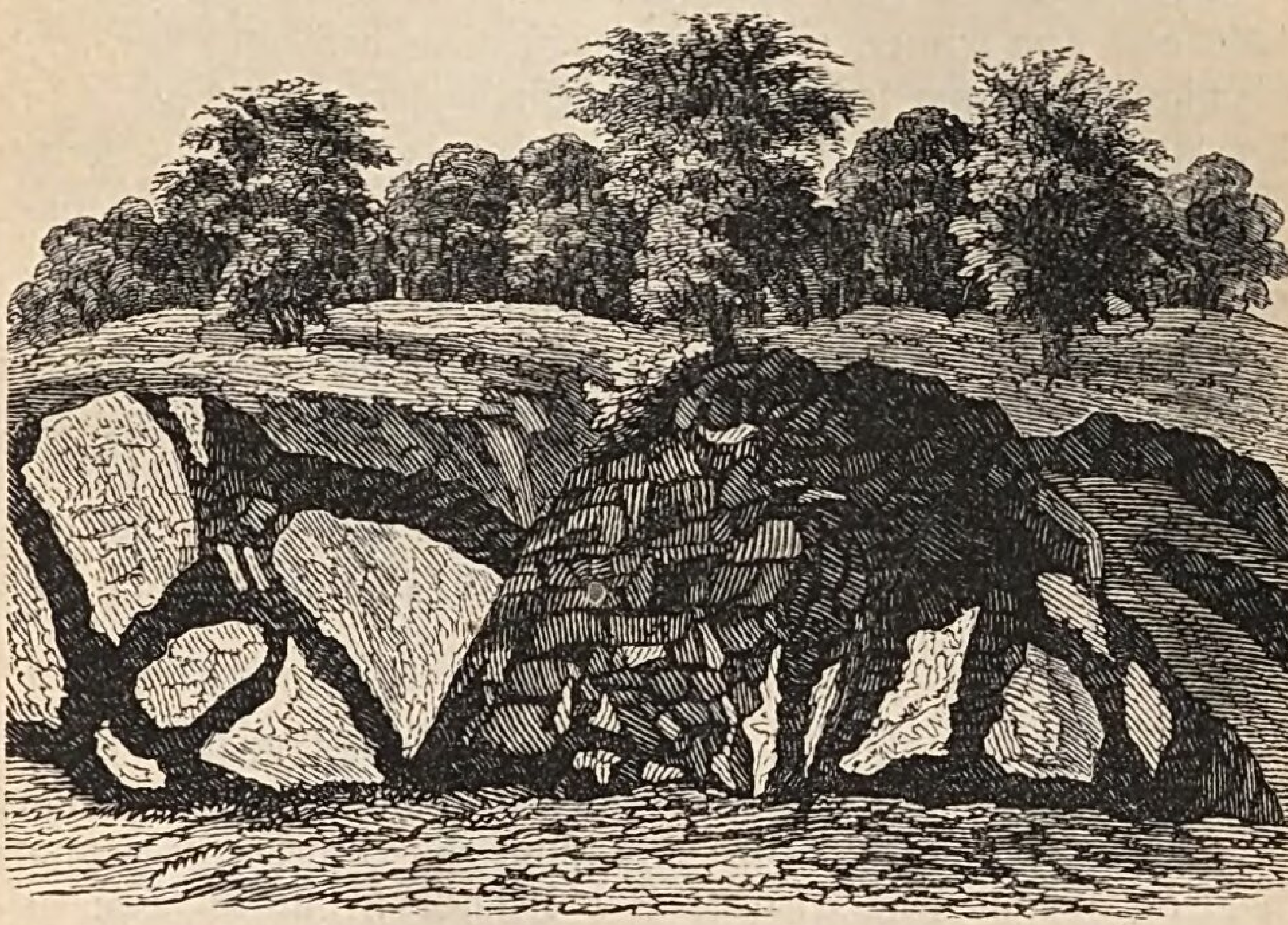


Fig. 38.

Werden Spalten von oben durch einfließende Minerallösungen oder Schuttmassen ausgefüllt, so entstehen gangähnliche Formen, welche sich aber wesentlich von den eigentlichen Gesteinsgängen durch ihre verschiedene Entstehungsweise unterscheiden.

229. Stöcke. Sie sind größere Eruptivmassen von unregelmäßigen Formen, welche in durchgreifender Lagerung dem Nebengestein eingefügt sind (vergl. Fig. 37 b). Der Querschnitt (Horizontalschnitt) eines Stockes zeigt rundliche, ovale, oder ganz unregelmäßige Umrisse, der Vertikalschnitt unregelmäßige Formen mit Apophysen und nach oben gewöhnlich abnehmenden Dimensionen. Unter den Gesteinen, welche besonders häufig in Form von Stöcken auftreten, ist vor allen der Granit zu nennen, welcher zuweilen in Stöcken von mehreren Meilen Umfang auftritt. Außerdem sind zu nennen Syenit, Diorit u. a.

Kuppe (Pic) und ähnliche Ausdrücke sind Namen für bestimmte Reliefformen der Erdoberfläche, welche zwar meist mit Stockbildung zusammenhängen, übrigens aber auch einen ganz verschiedenen Ursprung haben können.

230. Ströme. Die noch thätigen Vulkane ergießen zuweilen teils aus dem Krater, teils aus Spalten an der Seite der kegelförmigen Erhebung feuerflüssige Gesteinsmassen, welche sich, wenn der Abhang steil ist, in schmalen, wenn er flach ist, in breiten Strömen ergießen und nach und nach erstarren. Solche Ergüsse nennt man Laven*). Sehr häufig findet man auch Liparite, Trachyte, Andesite und ältere Basalte in ähnlichen Strömen (als „Laven") entwickelt, ohne daß der Zusammenhang mit einem Vulkane immer deutlich erkennbar wäre. Die Laven zeigen eine runzelige, schlackige Rinde, besitzen näher an der Oberfläche ein feineres, mehr im Innern, wo die Abkühlung langsamer vor sich ging, ein gröberes Korn. Die ursprüngliche Bewegung giebt sich häufig durch Fluidalstruktur zu erkennen.

231. Decken. Breitet sich die durch Gänge aus dem Erdinnern empordringende glutflüssige Gesteinsmasse auf horizontaler Oberfläche nach allen Seiten hin aus, so entstehen sogenannte Decken (vergl. Fig. 37 d). Sie gleichen in ihrem Bau den Strömen, unterscheiden sich aber von diesen durch den Mangel einer ausgesprochenen Längsausdehnung. Sehr häufig stehen solche Decken mit mehreren Gängen im Zusammenhang. Besonders sind es basaltische Gesteine, welche in Deckenform auftreten.

Werden solche Decken von späteren Sedimentärschichten überlagert, so entstehen Lager. Sie sind sedimentären Schichten konkordant oder diskordant eingelagert und haben an den Störungen der letzteren nach der Ablagerung der Decke teilgenommen. Porphyre sind es besonders, welche umgeben von Tuffablagerungen dyasischen und triasischen Schichten lagerförmig eingebettet sind.

---

*) Die Bezeichnung „Lava" bezieht sich also nicht auf einen petrographisch definierten Gesteinstypus, sondern drückt nur eine Lagerungsform aus. Häufig wird jedoch das Wort in einem etwas engeren Sinne zur Bezeichnung der jüngsten vor unseren Augen entstehenden (allerdings auch petrographisch besonders charakterisierten), gewöhnlich in Strömen entwickelten Eruptivgesteine gebraucht.

II. Entstehung der Gesteine.

232. Erklärung. Eine der wichtigsten Aufgaben, an deren Lösung Geologie und Petrographie mit gleichem Eifer arbeiten, ist die Frage nach der Entstehung und den Ursachen des gegenwärtigen Zustandes der Gesteine. Die Mehrzahl der bis jetzt bekannten Gesteine läßt sich ohne große Schwierigkeiten auf eine der beiden Bildungsweisen, nämlich Absatz aus einer Lösung (Wasser) oder Erstarrung aus einem Schmelzflusse, zurückführen. Erstere heißen sedimentäre, letztere Eruptiv-Gesteine. Stößt nun auch die Annahme von dieser zweifachen Art der Entstehung der Gesteine kaum auf Widerspruch, so ist bezüglich der Zahl von Gesteinen, welche zur einen oder zur andern Gruppe zu rechnen sind, nicht leicht eine Einigung unter den Geologen zu erzielen. Der Grund hiefür liegt in den vielen Schwierigkeiten, welche gewisse Eigentümlichkeiten mancher Gesteine der einen oder der andern Erklärungsweise entgegensetzen. Außerdem hat sich in neuerer Zeit die Theorie von einer allgemeinen Umwandlung der Gesteine (Metamorphose) zahlreiche Anhänger verschafft, so daß sich der Streit nicht bloß um sedimentär oder eruptiv, sondern auch um ursprünglich oder umgewandelt (metamorphosiert) dreht. Im folgenden soll nun eine kurze Darlegung der Entstehungsweise der wichtigsten Gesteinsfamilien gegeben werden, während die Lehren von der Gesteinsmetamorphose in einem eigenen Abschnitte zusammengefaßt werden sollen.

Da sich die Gesteine aus Mineralien aufbauen, so müßte zunächst etwas über die Bildung dieser letzteren vorausgeschickt werden. Da aber einerseits unsere Kenntnisse hierüber noch ziemlich mangelhaft sind, andererseits sich dieselben meist nur auf die Bildung von Mineralien unter den gegenwärtigen und von uns künstlich herbeiführbaren Verhältnissen bezieht, welche meist so weit von jenen verschieden sind, unter welchen die Gesteine entstanden sind, daß Schlüsse daraus nur mit aller Vorsicht gezogen werden können, so kann hier von einer Behandlung dieser Verhältnisse umsomehr abgesehen werden, als Genesis und Paragenesis der Mineralien in erster Linie Gegenstand der Mineralogie ist.

a) Die Eruptivgesteine.

233. Struktur und Alter. Die Eruptivgesteine sind entweder durchaus oder wenigstens zumteil krystallin entwickelt und zeigen massiges Auftreten. Nach ihrem Alter unterscheidet man ältere, vortertiäre, und jüngere, tertiäre und posttertiäre, Gesteine. Die Gesteine der Tertiärperiode zeigen in ihrem Auftreten meist so viel Aehnlichkeit mit den vor unseren Augen aus Lavaergüssen der Vulkane entstehenden Gesteinen, daß wir für sie eine ähnliche Entstehungsweise annehmen können; man nennt sie daher auch vulkanische Gesteine. Die älteren weichen im Gesamthabitus und in Lagerungsformen zuweilen nicht unerheblich von den jüngeren ab, so daß man für sie eine andere Entstehungsweise annehmen zu müssen geglaubt hat, wonach sie unter der festen Erdkruste erstarrt und erst später durch Entfernung der darüber liegenden Teile bloßgelegt worden wären. Diese Entstehungsweise sollte der Name plutonische Gesteine ausdrücken.

234. Entstehung der Laven. Durch die Voraussetzung eines anfänglichen glutflüssigen Zustandes unserer Erde und die Gewißheit, daß noch gegenwärtig im Innern des Erdballs sich glutflüssige Massen befinden, ist überhaupt die Annahme, daß Gesteine sich ursprünglich im schmelzflüssigen Zustande befunden haben, gerechtfertigt. Daß thatsächlich aus Schmelzflüssen krystalline Gesteine entstehen können, beweisen die vor unseren Augen aus dem Erdinnern emporquellenden, in Strömen dahinfließenden Laven. So schwierig es uns auch wird, gewisse Thatsachen, wie die Ausscheidung von krystallinen Silicaten aus einem Schmelzflusse, das Vorkommen von Wasser (das einige Laven enthalten), Eigentümlichkeiten in der Erstarrungsfolge der Mineralien (vgl. S. 23) und anderes, das mit den Lehren der Chemie oft im schroffsten Widerspruche zu stehen scheint, einzusehen, so wird doch durch die unleugbare Thatsache jeder Zweifel unmöglich.

So wenig aber an der pyrogenen Bildungsweise, das heißt an einer Entstehung aus einem Glutflusse, der jetzigen Laven gezweifelt werden kann, so wenig darf dies bezüglich jener Gesteine geschehen, deren Lavanatur aus dem Zusammenhang mit einem Vulkane, aus dem Vorkommen in Strömen, aus schlackiger

Oberfläche u. dergl. mit Evidenz erweisbar ist. Dies ist aber bei vielen Basalten, bei manchen Trachyten und Andesiten der Fall, so daß die eruptive Natur auch dieser anerkannt werden muß.

An Erklärungsversuchen für die eben erwähnten Schwierigkeiten fehlt es nicht, wenn sie auch alle nicht vollkommen befriedigen. Der Wassergehalt, der auf den ersten Blick am unerklärlichsten erscheint, da ja bei der hohen Temperatur, welche die glutflüssige Masse besessen haben muß, alles Wasser in Dampfform entweichen mußte, so wie die eigentümliche Erstarrungsfolge der Mineralien wird dadurch erklärt, daß viele Gemengteile, wahrscheinlich die größeren, in bedeutender Tiefe entstanden sein dürften, wo der Druck auf den Schmelzfluß ein immenser war, so daß das Wasser trotz seiner hohen Temperatur flüssig blieb und in die sich bildenden Mineralien eingeschlossen werden konnte. Der so bedeutende Druck hat auch sicher den Schmelzpunkt der Mineralien derart geändert, daß das unter gewöhnlichen Verhältnissen schwerer schmelzbare zum verhältnismäßig leichter schmelzbaren wurde und umgekehrt, wie ähnliches wohl auch an anderen Körpern experimentell nachgewiesen wurde. Als Beispiel möge folgende kleine Tabelle dienen, welche die Schmelztemperaturen dreier Körper unter verschiedenem Drucke angiebt. Es schmilzt bei

Atmosphärendruck,	Wallrath.	Wachs.	Stearin.
1	51 ° C.	64,5 ° C.	72,5 ° C.
519	60	74,5	73,7
792	80,2	80,2	79,2

woraus ersichtlich, daß das bei 1 Atmosphärendruck am schwersten schmelzbare Stearin bei 792 Atmosphärendruck am leichtesten schmilzt.

235. Entstehung der übrigen jüngeren Gesteine. Die Basalte, Trachyte, Liparite und Andesite, welche nicht als Laven entwickelt sind, zeigen mit den als Laven auftretenden, also zweifellosen Eruptivgesteinen solche Verknüpfung und solche Gleichheit der Ausbildung, daß an einer ähnlichen Entstehungsweise nicht gezweifelt werden kann. So finden sich in den meisten Trachyten Glaseinschlüsse, deren Vorhandensein als ein untrügliches Zeichen für einen ursprünglichen schmelzflüssigen Zustand angesehen wird. Ferner beobachtet man in ihnen stets zerbrochene und wieder durch die übrige Gesteinsmasse verkittete, oft in Haufen zusammengeworfene Krystalle, welche neben der nicht selten auftretenden Fluidalstruktur für die einstige lebhafte Bewegung der Masse Zeugnis geben. Auch die öfters vorkommenden Einschlüsse von

Fragmenten der in der Tiefe durchbrochenen Gesteine, so wie ihr Auftreten in Gängen, ihre Massivstruktur, das Feinerwerden des Kornes an der Oberfläche und in schmalen Gängen, welches offenbar als eine Folge der schnelleren Abkühlung anzusehen ist, und endlich die Kontaktwirkungen auf das Nebengestein, die oft nachweisbar sind, müssen als ebensoviele Beweise für die eruptive Natur dieser Gesteine gelten.

Der Wassergehalt, den manche dieser Gesteine zeigen, erklärt sich hier in derselben Weise, wie oben angeführt wurde. Größere Schwierigkeiten bereitet der Quarzgehalt der Liparite, da man bisher experimentell nicht nachweisen konnte, daß sich aus einer geschmolzenen Masse krystalliner Quarz ausscheidet. So berechtigt nun auch mit Rücksicht auf diesen Umstand die Frage ist, wie damit die Annahme eines ursprünglich glutflüssigen Zustandes quarzhaltiger Gesteine, deren Quarzgehalt sicher nicht sekundären Ursprungs ist, vereinbar sei, so berechtigt ist selbstverständlich auch der Hinweis auf eine andere, nicht minder sichere Thatsache, daß nämlich zweifellos als Laven entwickelte trachytische Gesteine (Quarz-Andesitlaven des Antisana und Quamini) Quarz ausgeschieden enthalten. Läßt sich auch nur für ein quarzhaltiges Gestein die pyrogene Entstehungsweise unzweifelhaft nachweisen, so spricht der Quarzgehalt auch bei den übrigen, bei welchen andere Zeichen auf einen ursprünglich glutflüssigen Zustand hinweisen, nicht gegen ihre pyrogene Natur. Es liegt hier eben eine Thatsache vor, die, wie so viele andere, noch der Erklärung harrt.

236. Kennzeichen der Eruptivgesteine. Suchen wir nach dem Gesagten die wesentlichen Merkmale, welche teils aus der Natur der Sache, teils durch ihr Vorkommen in zweifellos eruptiven Gesteinen für die Entstehung eines Gesteins aus einem Schmelzflusse sprechen, so können wir dieselben kurz in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Glaseinschlüsse in den Mineralien und Glasmasse als Bestandteil.

2. Einschlüsse von Fragmenten anderer in der Tiefe vorkommenden Gesteine.

3. Mangel an Schichtung, Massivstruktur, Fluidalstruktur, durchgreifende Lagerung.

4. Wirkungen auf das Nebengestein, wie sie nur von Schmelzflüssen mit hoher Temperatur herrühren können (Frittung, Verglasung, Umkrystallisierung [Kontaktmetamorphose]).

5. Mechanische Einwirkungen auf das Nebengestein, Reibungsflächen, Zerbrechungen, Reibungsbreccien und (seltener) Schichtenstörungen.

Selten dürften wohl alle diese Merkmale zusammen an einem Gesteine vorkommen; je mehr aber auftreten, desto sicherer wird der Schluß auf seine Entstehung. Eigentümlich ist die Erscheinung, daß an einem Gesteine das eine oder das andere Merkmal auftritt, andere aber, die wir kaum entbehren zu können glauben, wie z. B. Kontaktwirkungen auf das Nebengestein, oft durchaus fehlen.

237. Entstehung der älteren Eruptivgesteine. Fragt es sich, ob den Graniten*), Syeniten, Porphyren, Dioriten und Diabasen, Melaphyren und den anderen älteren Massengesteinen wirklich dieselbe oder wenigstens eine ähnliche Entstehungsweise zuzuschreiben sei, wie den Laven, Basalten, Trachyten 2c., deren pyrogene Entstehungsweise nicht zweifelhaft ist, so müssen sie jene eben aufgezählten Merkmale entweder vereint oder wenigstens teilweise besitzen und dürfen keines jener Kennzeichen aufweisen, welche im folgenden Abschnitte für sedimentäre Gesteine angeführt sind. Bei vielen der genannten Gesteine lassen sich sämtliche Merkmale nachweisen, bei manchen fehlen einige, so z. B. ist nicht selten durchaus keine Kontaktwirkung auf das Nebengestein bemerklich, und selbst eingeschlossene Schieferbrocken zeigen nicht die geringste Veränderung; manchmal verliert sich allmählich die Massivstruktur, um einer schiefrigen Platz zu machen. Bei Graniten fehlt durchaus jede Spur von Glas sowohl als Gemengteil, wie als Einschluß in anderen Mineralien u. dergl. Bereiten diese negativen Thatsachen den Vulkanisten gegenüber den Neptunisten nicht geringe Schwierigkeiten, so geschieht dies noch viel mehr durch gewisse positive Erscheinungen, welche gegen den ursprünglich glutflüssigen Zustand dieser Gesteine sehr gewichtig in die Wagschale fallen. Solche sind neben mehreren anderen weniger auffallenden Erscheinungen das Vorkommen von Quarz und der Wasser- und Kohlensäuregehalt in manchen dieser Gesteine. Daß wir hier Thatsachen gegenüberstehen, für welche wir nun einmal keine Erklärung wissen, ohne daß sie deshalb als Gegenbeweise

*) Daß denjenigen Graniten, welche regelmäßig mit krystallinen Schiefern wechsellagern, eine andere Entstehungsweise zugeschrieben werden muß, ist im Speziellen Teile (S. 91) bereits erwähnt worden.

gegen die pyrogene Natur eines Gesteines ein- für allemal gelten können, wurde schon oben erwähnt. Nichtsdestoweniger hat man für jene Gesteine, in welchen Quarz mit zahlreichen Flüssigkeitseinschlüssen eine so hervorragende Rolle spielt, einen etwas modifizierten Schmelzfluß annehmen zu müssen geglaubt, indem man dem Wasser einen hervorragenden Anteil an ihrer Bildung eingeräumt hat. Besonders sind es die Erscheinungen am Granit und seine Kontaktbildungen, welche eine sogenannte hydato-pyrogene Entstehung wahrscheinlich machen. Nach dieser Erklärungsweise wäre das Wasser in überhitztem Zustande oder in Dampfform dem Gesteinsmagma beigemengt gewesen und hätte bei der Abkühlung als Mineralsolutionsmittel gedient. Das dadurch entstandene Magma wäre sonach als eine Art heißen wässerigen Breies zu denken, dessen Temperatur, wie aus den Kontakterscheinungen zu schließen ist, eine nicht eben bedeutend hohe gewesen sein dürfte. Dadurch wird nicht bloß die Ausscheidung von Quarz mit seinen Flüssigkeitseinschlüssen, sondern vorzüglich auch der Umstand erklärlich, daß viele Sedimentärgesteine im Kontakt mit Eruptivgesteinen (z. B. mit Granit) zahlreiche fremde Mineralien in Krystallform eingeschlossen enthalten, deren Substanz wahrscheinlich in wässeriger Lösung von den Eruptivmassen her in sie eingedrungen ist.

Bunsen machte mit Rücksicht auf die eigentümliche Erstarrungsfolge der Mineralien (vgl. S. 23), welche sich auch hier sehr häufig zeigt, darauf aufmerksam, daß ein Körper für sich allein und mit anderen gelöst nicht dieselben Löslichkeitsverhältnisse zeigt; ebenso ist dies in Schmelzflüssen der Fall, welche nicht wesentlich von Lösungen sich unterscheiden. Allbekannt ist in dieser Hinsicht die merkwürdige Eigenschaft der Legierungen. So schmilzt das sogenannte Rosesche Metall, welches aus zwei Teilen Wismuth, einem Teil Blei und einem Teil Zinn besteht, schon bei 94° C., während Wismuth für sich erst bei 270° C., Blei bei 334° C. und Zinn bei 235° C. schmilzt. Aehnliche Eigentümlichkeiten über den Schmelzpunkt von Silicaten hat Daubrée bei der Einwirkung überhitzten Wassers auf geschmolzene Gesteine beobachtet.

b) Die Sedimentgesteine.

238. Kennzeichen der Sedimentgesteine. Sedimentäre Gesteine geben sich zumeist zweifellos als solche durch folgende Merkmale zu erkennen:

1. Besitzen sie gewöhnlich deutliche Schichtung.

2. Enthalten sie oft Tier- und Pflanzenreste in Abdrücken oder als Versteinerungen (Petrefakten).

3. Umschließen sie nicht selten abgerundete Rollstücke in solcher Lage, wie sie nur bei sedimentärem Absatze denkbar ist.

Andere, jedoch seltenere, Kennzeichen sind Wellenfurchen, Regentropfen, Tierfährten u. dergl. .

239. Material. Daß das Baumaterial der klastischen Gesteine aus der durch Wasser und Atmosphärilien mechanisch und chemisch bewirkten Zertrümmerung und Zersetzung älterer Gesteine stamme, wurde bereits früher erwähnt. Aber auch das Material für den Absatz krystalliner Sedimentgesteine (z. B. der Kalksteine) dürfte seinen Ursprung der auflösenden Kraft kohlensäurereicher Gewässer auf die ursprüngliche Erstarrungskruste der Erde und auf ältere Eruptivgesteine verdanken. Das Material vieler jüngerer Sedimentgesteine stammt auch von älteren sedimentären Gesteinen.

240. Mechanischer und chemischer Absatz. Mehr oder weniger zerkleinerte Bruchstücke älterer Gesteine, die von den strömenden Gewässern in Seeen oder in das Meer geführt wurden, sanken dort nieder und wurden teils unter Wasser, teils erst nach ihrer Trockenlegung infolge von Hebung oder Abfluß der Gewässer durch ein Zement fest verkittet. Diese Gesteine (Sandsteine, Breccien, Konglomerate) entstanden also durch rein mechanische Vorgänge. Andere aber, deren Material ursprünglich gelöst war, verdanken ihr Dasein einem chemischen Prozesse, indem sich die gelösten Substanzen infolge irgend eines uns nicht immer bekannten und erkennbaren Vorganges, z. B. durch Verdunstung des Lösungsmittels, durch Abkühlung desselben, wodurch seine lösende Kraft geringer wurde, Druckveränderungen, Einwirkung einer andern Lösung, wodurch eine unlösliche Verbindung entstand u. dergl., aus der Lösung im festen Zustande ausschieden. Manchmal läßt sich bei diesen Vorgängen die Mitwirkung organischer Wesen (Kalkstein) nicht verkennen. Außerdem giebt es noch Gesteine, welche wahrscheinlich durch Verknüpfung beider Arten, der chemischen und mechanischen, entstanden sind (Thonschiefer).

241. Bildung der klastischen Gesteine. Das Material der klastischen Gesteine stammt teils von eruptiven, teils von älteren sedimentären Gesteinen, welche durchzogen von zahlreichen Spalten

infolge der Verwitterungsvorgänge zerbröckelt wurden. Die scharfeckigen Bruchstücke, aus welchen der oft in ungeheuren Massen auf Hochgebirgen ausgebreitete Schutt besteht, wurde nun entweder ohne weiteres, oder nachdem ihn Gletscher in weite Fernen getragen hatten, durch einsickerndes Zement zu Breccien verkittet, oder die abfließenden Gebirgswasser führten denselben mit sich fort, wobei die eckigen Bruchstücke in abgerundete Gerölle umgewandelt wurden und zugleich feiner Sand und Schlamm entstand. Selbstverständlich wird letzterer am weitesten getragen, mehr gegen die Ursprungsstelle hin setzt sich Sand und noch früher das grobe Gerölle ab. Die Verkittung wird entweder durch fein zerriebenes Material (sandiges und thoniges Zement) oder durch im Wasser gelöste Stoffe (kalkiges und kieseliges Bindemittel) bewirkt. Die Erhärtung erfolgt dann nach Entfernung des Wassers und mag oft lange Zeiträume gebraucht haben. In dieser Weise sind Breccien und Konglomerate, Sandsteine und Thone entstanden, ihren allmählichen Verfestigungsprozeß können wir meist noch vor unseren Augen beobachten.

242. **Bildung der krystallisierten Sandsteine, Thonschiefer und Schieferthone.** Da gewisse Sandsteine (vgl. S. 81) fast nur aus Quarzkörnern oder mehr oder weniger entwickelten Quarzkrystallen mit sehr untergeordnetem, oft ganz verschwindendem Bindemittel bestehen, da man ferner in allen Thonschiefern und Schieferthonen neben den zweifellos klastischen Elementen deutliche krystalline Ausscheidungen findet, so ist man genötigt anzunehmen, daß bei der Bildung dieser Gesteine neben dem mechanischen Absatz von Gesteinsmaterial auch eine chemische Ausscheidung aus Lösungen erfolgt sei.

243. **Entstehung der krystallinen Schiefer.** Die krystallinen Schiefer, Gneiß, Glimmerschiefer, Phyllite, zeigen in der Regel eine deutliche Schichtung und müssen — wo nicht eine andere Entstehungsweise zweifellos festgestellt werden kann — als sedimentäre Gesteine angesehen werden. Der Streit aber, ob sie aus ursprünglich echt klastischen Gesteinen durch Metamorphose (vergl. den dritten Abschnitt) hervorgegangen, oder ob sie schon ursprünglich krystallin, so wie sie sind, abgesetzt worden, ist noch nicht entschieden; doch scheint die letztere Ansicht in neuerer Zeit mehr Boden zu gewinnen, da sie auf weniger Schwierigkeiten

stößt. Darnach hätten sich die krystallinen Schiefer aus einer Lösung infolge allmählicher Abkühlung und der Verminderung des Druckes der zur Zeit ihrer Ablagerung ganz anders beschaffenen Atmosphäre ausgeschieden. Ueber die Natur des Lösungsmittels läßt sich nichts sicheres sagen; doch ist es nicht unwahrscheinlich, daß es Wasser (oder flüssige Kohlensäure?) gewesen.

244. Entstehung der Kalksteine. Die Kalksteine sind im allgemeinen auf sehr verschiedene Weise entstanden.

Der krystalline Kalk scheint zumeist aus wässerigen Lösungen auf chemischem Wege niedergeschlagen worden zu sein, ohne daß uns die näheren Umstände dieses Vorganges bekannt und erklärlich wären. Für andere ist eine eruptive Entstehung aus einem Schmelzflusse nicht unmöglich. Sichere Anhaltspunkte darüber geben die Lagerungsverhältnisse. Viele krystalline Kalksteine sind übrigens im Kontakt mit Eruptivgesteinen aus dichtem Kalksteine durch Metamorphose (vgl. S. 162) hervorgegangen. Daß die krystallinen Kalke durch Umwandlung aus Kreide entstanden seien, wird behauptet, ist aber nicht recht wahrscheinlich.

Für die dichten Kalksteine nimmt man die Beihülfe von Organismen in Anspruch, deren Schalen man sehr häufig bei mikroskopischer Untersuchung im Kalkstein findet (Nummulitenkalk), wobei zugleich eine direkte Ausscheidung aus dem Wasser mitgewirkt hat, wie die deutlichen krystallinen Elemente, welche sich neben jenen finden, beweisen. Die Ausscheidung von gelöstem Kalke wird durch Verdunstung des Wassers ermöglicht. Dabei braucht nicht angenommen zu werden, daß das ganze Meer bis zu jenem Konzentrationsgrade, bei welchem sich Kalk ausscheiden kann, verdunsten muß; denn das sehr viel kohlensauren Kalk enthaltende Flußwasser schwimmt, da es leichter als Meerwasser ist, längere Zeit auf der Oberfläche dieses letzteren und mischt sich erst allmählich durch Diffusion mit demselben. Wenn nun die Diffusion zwischen dem obenschwimmenden Flußwasser und dem tieferen Meerwasser nicht größer ist als die Verdunstung, so ist es nicht unmöglich, daß, wenigstens an den Küsten, kohlensaurer Kalk direkt abgeschieden wird. Die Wirksamkeit der tierischen Organismen besteht in der Fähigkeit, zur Bildung ihrer Schalen kohlensauren Kalk aus den im Meerwasser gelösten Kalksalzen, von denen in größeren Entfernungen von den Küsten besonders schwefelsaurer Kalk zu nennen ist, auszuscheiden.

Der erdige Kalkstein. Daß die Kreide durch tierische Thätigkeit (Protozoën) entstanden ist, wird nicht bezweifelt, wenn auch das nähere des Vorganges, wie aus dem schwefelsauren Kalke des Meeres kohlensaurer Kalk der Schalen entsteht, nicht genau bekannt ist.

Die oolithischen Kalksteine werden in der Regel als ursprüngliche Ausscheidungen ohne oder mit Beihülfe von Organismen, vielleicht auch aus heißen Quellen (nach Art des Karlsbader Sprudelsteins) angesehen. Andere halten sie auch für Ausfüllungen von Zellräumen oder Eiern. Den ersten Anstoß zur Bildung der Oolithe hat in der Regel ein organisches oder anorganisches Körnchen, das man gewöhnlich noch im Zentrum der Oolithe findet, gegeben.

Die Mergel als mit Thon verunreinigte Kalke schließen sich in ihrer Bildung diesen an; werden sie dagegen als kalkreiche Thone angesehen, so fällt ihre Bildung natürlich mit jener der letzteren Gesteine zusammen.

Der sogenannte Zellenkalk ist durch Einwirkung kohlensäurereicher Gewässer, welche Kalk aufgelöst enthielten, auf Kalksteine entstanden. Durch dieselben wurden entweder die Spalten mit krystallinem Kalk ausgefüllt oder es wurden Kalksteinbrocken durch sie verkittet. Spätere Auslaugungsprozesse trafen mehr den älteren Kalk, während der jüngere Kalk als Wand zwischen den Höhlungen zurückblieb.

Kalksinter und Kalktuff hat sich, wie es noch vor unseren Augen geschieht, aus Quellen, welche viel kohlensauren Kalk aufgelöst enthalten, abgeschieden.

245. Bildung von Dolomit. In Bezug auf die Bildung der Dolomite gehen die Ansichten bis jetzt noch ziemlich aus einander. Obwohl es noch nicht gelungen ist, experimentell aus wässerigen Lösungen bei gewöhnlicher Temperatur Dolomit abzuscheiden, ist es nicht ganz unmöglich, daß sich Dolomit, ähnlich wie Kalkstein, direkt abgeschieden habe. Die Mehrzahl der Forscher neigt sich zur Ansicht, daß Dolomit aus Kalkstein hervorgegangen sei. Demnach wäre er ein metamorphes Gestein; er findet als solches im folgenden Abschnitt noch einmal Erwähnung.

246. Entstehung der Steinsalzlager. Die jetzigen Meere enthalten durchschnittlich 3,5 % Salze in Lösung, deren größter Teil Chlornatrium ist. Da dieser Salzgehalt weit unter dem

Sättigungspunkte liegt und das verdunstende Wasser stets wieder durch Zuflüsse ersetzt wird, so kann sich aus einem offenen Meere nie Salz ablagern. Die Bedingungen zu einem solchen Absatze sind nur in einem Binnenmeere, in Salzseeen (z. B. im „Toten Meere") oder in einem Meerbusen, der in seinem unteren Teile durch eine Barre vom offenen Meere abgetrennt ist, gegeben. Hier sinkt die durch die Zuflüsse gespeiste und durch Verdunsten mehr und mehr gesättigte und daher schwerere Soole zuboden, so daß sich in den Tiefen nach vollständiger Sättigung das Salz ausscheiden muß. Enthalten die Gewässer neben Chlornatrium andere Chloride und schwefelsauren Kalk gelöst, so muß sich dieser letztere, da für ihn der Sättigungspunkt früher eintritt, zuerst abscheiden; erstere, als leichter lösliche Salze bilden über dem abgeschiedenen Kochsalze eine Mutterlauge, welche, je konzentrierter sie wird, desto mehr die Abscheidung von Kochsalz fördert, da die Löslichkeit desselben in einer Lauge um so geringer wird, je mehr Salze diese schon gelöst enthält. Ist der Zufluß in einem Binnenmeere geringer als die Verdunstung, so wird ein allmähliches Austrocknen desselben erfolgen, so daß sich schließlich auch die übrigen Chloride ($MgCl_2$, KCl 2c.) über dem Steinsalzlager als sogenannte Abraumsalze absetzen können. Ein normales Steinsalzlager enthält also Gips und Anhydrit im Liegenden, die Abraumsalze im Hangenden. Dem Lager eingefügte parallele Schichten von Kalk und Thon rühren davon her, daß dem Meere durch die größeren Zuflüsse im Frühjahre mehr thonige und kalkige Verunreinigungen zugeführt wurden.

Dem Steinsalze und dem damit verbundenen Gips und Anhydrit schrieb man früher wegen des häufigen stockförmigen Auftretens wohl auch eine eruptive Entstehung zu.

247. Gips und Anhydrit. Nach dem Gesagten ist über die Bildung von Gips und Anhydrit wenig hinzuzufügen. Warum sich aus schwefelsauren Kalklösungen das Sulfat bald als Gips bald als Anhydrit abscheidet, ist noch nicht genügend erklärt. Wahrscheinlich sind Druckverschiedenheiten (experimentell wurde festgestellt, daß sich Anhydrit bei 10 Atmosphären Druck aus Lösungen abscheidet), oder der Einfluß anderer Stoffe, welche dem sich ausscheidenden Sulfate das Wasser entziehen, die Ursachen. Daß sich Gips auch aus Quellen absetzen kann, so wie daß er aus Anhydrit durch Wasseraufnahme hervorgeht, wurde

an anderer Stelle schon erwähnt. Aus kohlensaurem Kalke geht in vulkanischen Gegenden wohl auch Gips durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff und schwefeliger Säure hervor.

248. Phytogene Gesteine. Erdöl, Torf und Kohlen sind, wie schon früher erwähnt, aus der Zersetzung von Pflanzen hervorgegangen. Als Zersetzungsprodukte organischer Körper treten neben Ammoniak und Schwefelwasserstoff vorzüglich Kohlensäure und eine Reihe von Kohlenwasserstoffverbindungen in Gasform auf. Da dieselben verhältnismäßig mehr Sauerstoff enthalten, als die organischen Verbindungen, aus deren Zersetzung sie hervorgegangen, so folgt, daß bei ungenügender Sauerstoffzufuhr von außen derselbe vorwiegend dem sich zersetzenden organischen Körper entzogen wird, was eine Anreicherung des Rückstandes mit Kohlenstoff zur Folge hat. Dieser Verkohlungsprozeß vollzieht sich im großen noch vor unseren Augen in den Torflagern und hat sich so lange Pflanzen auf Erden lebten und besonders in gewissen Formationen in noch viel großartigerem Maßstabe vollzogen. Die verschiedenen Stadien dieses Prozesses von beginnender Zersetzung (Torf) durch alle Mittelglieder hindurch (Braunkohlen, Steinkohlen) bis zur Herstellung reinen Kohlenstoffes (Anthracit, Graphit) finden wir naturgemäß von den jüngsten Ablagerungen hinab bis zu den ältesten Formationen entwickelt. Das Material gehört, da die Pflanzenwelt in anderen geologischen Perioden eine andere war, verschiedenen Pflanzengruppen an. So dürften es vorzüglich Algen gewesen sein, aus welchen Graphit und Anthracit hervorgegangen; zur Bildung der Steinkohlen der Carbonformation trugen vorwiegend Gefäßkryptogamen bei; die jüngere Steinkohle (der Kreide) baute sich aus verwesten Resten von Coniferen, die Braunkohle aus solchen von Coniferen, Palmen und Laubhölzern auf; an der Torfbildung nehmen neben zahlreichen anderen Pflanzenfamilien besonders gewisse Moose (Sphagnum-Arten) hervorragend Anteil.

249. Zoogene Gesteine. Wie schon bei der Besprechung der Entstehung des Kalksteines erwähnt, nehmen an dessen Bildung tierische Organismen nicht unerheblich Anteil. Ja gewisse mitunter sehr mächtige Kalkablagerungen verdanken tierischer Thätigkeit ihr Dasein. Es mögen hier außer der Kreide noch einige der wichtigeren jener Kalksteine aufgeführt werden. Aus Foraminiferenschalen bauen sich die Nummuliten-, Milioliten- und

Fusulinenkalke auf; durch die Thätigkeit der Polypen entstand der sogenannte Korallenkalk (Jura in Schwaben und England); von Mollusken stammen die Terebrateln- und Gervilienkalke der Trias, die Cerithien- und Litorinellenkalke des Tertiär und viele andere. Auch Wirbeltiere haben zur Bildung von Gesteinschichten durch ihre Skelette beigetragen. So besteht das sogenante Bonebed der obersten Trias aus Knochen von Sauriern und Ganoidfischen. Die Knochenbreccien setzen sich größtenteils nur aus Knochen von Säugetieren (Höhlenbär) zusammen, doch besitzen letztere gegenüber den Kalkablagerungen, welche andere Tiergruppen geschaffen haben, eine nur untergeordnete Verbreitung.

Die meisten jener Prozesse gehen noch vor unseren Augen vor sich (Korallen- und Austernbänke) und müssen wohl immer vor sich gehen, wenn überhaupt unsere Meere Tieren zum Aufenthalt dienen sollen. Denn würden jene Tiere nicht die Fähigkeit besitzen, aus dem Wasser den Kalk auszuscheiden, so würden infolge der steten Zufuhr die Meere mit der Zeit derart mit Kalksalzen gesättigt sein, daß in ihnen organisches Leben unmöglich wäre. Jene Tiere haben daher im Wasser eine ähnliche Aufgabe, wie die Pflanzen in der Luft, durch welche der durch den tierischen Lebensprozeß und andere Verbrennungen der Luft als Kohlensäure zugeführte Kohlenstoff in den Kreislauf des organischen Lebens stets wieder zurückgeführt wird.

III. Metamorphose der Gesteine.

250. Erklärung. Unter Gesteinsmetamorphose versteht man die Umwandlung eines bereits festgewordenen Gesteines, infolge welcher sein Bestand entweder vollständig oder teilweise, häufig auch seine Struktur geändert wurde. Die Ursachen derselben können verschieden sein, hauptsächlich sind es die Atmosphärilien, das Wasser, hohe Temperaturen und Druck, welche solche Veränderungen an Gesteinen hervorrufen. In gewissem Sinne kann jedes Gestein als umgewandelt angesehen werden, da sich der Einfluß einiger dieser Agentien in jedem mehr oder weniger nachweisen läßt. Doch pflegt man gewöhnlich die Folgen jener stets wirkenden Ursachen, wie Sickerwasser und Atmosphärilien, welche alle Gesteine in größerem oder geringerem Grade an sich tragen, so zu sagen den „Zahn der Zeit“, welchen man an Gesteinen so

gut, wie an allen irdischen Körpern erkennt, nicht als metamorphische Wirkungen sondern als Verwitterung zu bezeichnen. Metamorphische Gesteine im eigentlichen Sinne sind solche, bei welchen eine ganz spezifische Ursache eine Veränderung des Bestandes oder der Struktur oder beider zugleich hervorgerufen hat, so daß das Gestein ein wesentlich anderes geworden ist. In der Regel ist damit ein sogenanntes Umkrystallisieren, ein Krystallinischwerden ursprünglich amorpher oder klastischer Gesteine verbunden. Gewöhnlich haben die genannten Ursachen nur lokal auf ein Gestein oder eine Gesteinspartie gewirkt, so daß man ursprüngliches und umgewandeltes Gestein neben einander hat. Diese Art der Umwandlung kann daher wohl als lokaler Metamorphismus bezeichnet werden im Gegensatze zu einem allgemeinen Metamorphismus, welchem weit ausgedehnte Gesteinsmassen (die krystallinen Schiefer) ihren gegenwärtigen Zustand verdanken sollen.

a) Verwitterung.

251. Verwitterung der Mineralien. Es kann hier selbstverständlich nicht auf die zahlreichen Umwandlungen der Mineralien durch die früher erwähnten Einflüsse eingegangen werden. Es sollen hier nur einige für die Gesteinsverwitterung besonders wichtige Beispiele derartiger Vorgänge erwähnt werden. Manche Mineralien, welche, wie Steinsalz oder Gips, im Wasser löslich sind oder von ihm wenigstens merklich angegriffen werden, verfallen mehr oder weniger der auflösenden Wirkung der atmosphärischen Niederschläge, kohlensäurehaltige Gewässer, welche in den feinen Spalten der Gesteine zirkulieren (Sickerwasser), zeigen dieselbe auflösende Wirkung auf Calcit und Dolomit. Andere Mineralien, wie Eisen- und Manganoxyd, gehen durch Aufnahme von Wasser in Hydrate über, Anhydrit verwandelt sich ebendadurch in Gips, ja selbst scheinbar von Wasser unangreifbare Mineralien, wie gewisse Silicate (Feldspath, Augit, Hornblende, Glimmer), zeigen, wie die Metamorphosen von Kaolin nach Feldspath, Speckstein und Magneteisen nach Glimmer, Serpentin nach Augit und Hornblende, Kalkspath nach Augit u. dgl. a. beweisen, keine vollständige Widerstandsfähigkeit gegen jenes allgemeine Lösungsmittel. Andere Verwitterungen entstehen durch

den Einfluß des Sauerstoffes der Luft und des Wassers. So verwandelt sich Spatheisenstein (Eisenoxydulcarbonat) durch Wasseraufnahme, Entfernung der Kohlensäure und Oxydation in Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat). Ebenso Manganspath in Pyrolusit. Durch Sauerstoffaufnahme gehen aus den Schwefelmetallen (den Kiesen und Blenden) schwefelsaure Salze (die Vitriole z. B.) hervor. Gewisse kohlensaure Salze und Metalloxyde gehen ebenfalls durch Oxydation aus Schwefelmetallen hervor. Von besonderer Wichtigkeit für die Verwitterung der Gesteine ist aber die Bildung von kohlensauren Salzen aus Silicaten durch den Einfluß kohlensäurehaltiger Gewässer. So zersetzen sich die Feldspathe und besonders leicht die kalkhaltigen triklinen durch Umwandlung der darin enthaltenen Silicate der Alkalien und des Kalkes in Carbonate und allmähliche Auflösung und Fortführung derselben zu Kaolin. Augit und Hornblende zersetzen sich allmählich zu faserigen und schuppigen grünen Massen („chloritische Substanz“). Ein ähnlicher Vorgang, häufig unter Ausscheidung von Eisenoxyd, findet bei Glimmern und bei Olivin statt.

252. Verwitterung der Gesteine. Der Grad der Zersetzung der Gesteine ist natürlich ein sehr verschiedener; gewöhnlich bezeichnet man ein Gestein als verwittert erst dann, wenn dieser Zustand bereits makroskopisch bedeutend hervortritt. Unter dem Mikroskop lassen sich beginnende und noch wenig vorgeschrittene Zersetzungserscheinungen fast in allen Gesteinen und oft in allen Uebergangsstadien beobachten. Einfache Gesteine, wie Kalk, Gips, Spatheisenstein u. dgl., zeigen im großen, was bereits für die einzelnen Mineralien erwähnt wurde. Oft entstehen dadurch eigentümliche Formen, wie z. B. die sogenannten Zellenkalke, welche schon früher beschrieben und genetisch erklärt wurden. Gemengte krystalline Gesteine zeigen je nach ihrer Zusammensetzung verschiedene Neigung zur Verwitterung. Doch findet man selbst scheinbar so widerstandsfähige Gesteine, wie Granit und Syenit, durch Verwitterung der feldspathigen Gemengteile zu Sand und Gruß umgewandelt. Plagioklasgesteine (Diorit, Diabas, Melaphyr) verfallen der Verwitterung leichter als orthoklasführende (Granit, Syenit, Porphyr). Selbstredend erscheinen die Verwitterungsprodukte vor allem an der Oberfläche und an Spalten der Gesteine und zwar gewöhnlich in Form von zer-

reiblichen mehligen Ueberzügen, bei eisenreichen Gesteinen besonders häufig als gelbe Krusten von Eisenoxydhydrat (Melaphyr). Eine besondere Neigung zur Verwitterung zeigen die Basalte, deren Zersetzungsprodukt, die Basaltwacke und der Wackenthon, bereits früher eine Besprechung fand. Wie sehr übrigens die besondere Beschaffenheit des Gesteins und lokale Verhältnisse mitwirken, erkennt man daran, daß Gesteine, wie z. B. Granit, welche unvergleichlich längere Zeiträume den feindlichen Einflüssen ausgesetzt waren, als z. B. Trachyte und Basalte, nahezu unzersetzt neben diesen total verwitterten jüngeren Gesteinen vorkommen. **Klastische Gesteine** zeigen Verwitterungserscheinungen gewöhnlich und begreiflicherweise in noch viel höherem Grade, da ihre Bestandteile oft in sehr kleiner Verteilung den Einflüssen des Wassers und der Luft ausgesetzt waren.

b) Lokaler Metamorphismus.

253. Dolomitisierung. Daß die Annahme, die Dolomite seien, ähnlich manchen Kalksteinen, ursprünglich aus dem Wasser abgeschiedene Gesteine, ihre Berechtigung habe, wurde früher bemerkt. Besonders gilt dies in jenen Fällen, wo der Nachweis einer Umwandlung aus Kalkstein nicht erbracht werden kann. Für viele Dolomite ist jedoch ein solcher Nachweis wohl möglich und deshalb müssen sie als metamorphe Produkte angesehen werden. Den Dolomitisierungsprozeß können wir uns auf zweierlei Weise denken. Entweder haben Gewässer, welche Magnesiacarbonat in Lösung enthielten, bei ihrer Einwirkung auf Kalkstein kohlensaure Magnesia abgesetzt und Kalk aufgelöst und fortgeführt, oder es haben kohlensäurereiche Gewässer aus dolomitischem Kalkstein Kalk weggeführt, wodurch der Rückstand magnesiareicher wurde. Dieser letztere Vorgang mußte natürlich eine sehr bedeutende Volumenverminderung zur Folge haben, was nur in einigen Fällen nachweisbar ist. Hieher zu rechnen wären die Zellendolomite und Rauhwacken. Der erstere Fall dürfte der häufigere gewesen sein und fällt besonders dort sehr gut in die Augen, wo ein allmählicher Uebergang von Kalkstein in Dolomit von unten nach oben bemerklich ist.

254. Serpentinisierung. In neuerer Zeit fand die Ansicht weite Verbreitung, daß aller Serpentin ein metamorphes Produkt

aus Olivinfels und anderen olivinführenden Gesteinen sei. In der That zeigen viele Serpentine noch Reste von Olivin eingeschlossen und die mikroskopische Untersuchung teils der Serpentine teils olivinführender Gesteine hat diese Ansicht vollkommen bestätigt. Man kann hier alle Phasen dieses Vorganges Schritt für Schritt verfolgen. Den Beginn einer derartigen Zersetzung zeigt Fig. 15 S. 43, welche einen von einem Netzwerk grüner, faseriger Serpentinmasse durchzogenen Olivinkrystall darstellt. Indem die Serpentinisierung von den Spalten aus mehr und mehr fortschreitet, ergreift sie allmählich den ganzen Krystall, bis endlich nichts mehr als die feinfaserige grüne Serpentinmasse übrig bleibt. Außer den olivinführenden Gesteinen sind auch andere, besonders Augit- und Hornblendegesteine (Diorit, Diabas) durch Entfernung der Kalk- und Eisensilicate und Aufnahme von Wasser der Serpentinbildung unterlegen. Auch andere Silicatgesteine und manche kieselsäurehaltige Dolomite scheinen durch kohlensaure Magnesialösung einer ähnlichen Umbildung zugänglich.

255. **Andere Umwandlungen.** In der Nähe von Vulkanen, wo häufig Ausströmungen verschiedener G a s e, wie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure u. dgl., stattfinden, sind besonders durch den Einfluß der letzteren zu Schwefelsäure oxydierten Gase zahlreiche und verschiedene Gesteine umgewandelt worden. Besonders bemerkenswerte Beispiele sind die Bildung von Gips aus Kalkstein und die Umwandlung trachytischer Gesteine und Tuffe zu Alaunstein und ähnlichen Produkten.

Andere Umwandlungen schreiben sich von sogenannten E r d - b r ä n d e n, Kohlenbränden her. Kohlenflötze, welche aus irgendwelchem Grunde in Brand geraten, verändern darüber- und darunterliegende Gesteine in der mannigfachsten Weise. Diese erscheinen infolge der hohen Temperatur, welche durch solche Brände erzeugt wurde, gefrittet, verschlackt, rotgebrannt. Ein Beispiel hiefür bietet der sogenannte Porzellanjaspis, welcher nichts anderes ist als ein oft in den buntesten Farben gestreifter und gefleckter rotgebrannter Thon.

256. **Kontaktmetamorphose.** Es ist von vornherein zu erwarten, daß die hohe Temperatur geschmolzener Gesteinsmassen nicht ohne Einfluß auf das Nachbargestein geblieben ist. In der That findet man auch Gesteine, welche von Laven durchbrochen wurden, und die von letzteren eingeschlossenen Bruchstücke der durchbrochenen Gesteine an ihrer Oberfläche und bis zu ver-

schiedener Tiefe angeschmolzen, verglast, gefrittet, rotgebrannt. Kohlen wurden im Kontakt mit ihnen verkokt d. h. zu Coaks umgewandelt; an anderen Stellen beobachtet man Sedimentärgesteine, welche im Kontakt mit Eruptivgesteinen zerklüftet, säulenförmig abgesondert sind und andere ähnliche Erscheinungen zeigen, welche nur durch die glutflüssige Masse des Eruptivgesteins hervorgebracht worden sein können.

Jüngere Laven und Basalte zeigen dergleichen Kontaktwirkungen in der Regel, weniger häufig treten diese Erscheinungen bei Trachyten und Phonolithen, noch spärlicher bei älteren Eruptivgesteinen, wie bei Melaphyren und Porphyren, auf. Bei Granit und Syenit wurden sie bisher noch gar nicht nachgewiesen.

Bei den letzteren Gesteinen sowie auch zuweilen bei den ersteren ist dagegen eine andere Kontaktwirkung nicht selten, welche übrigens ebenfalls auf höhere Temperaturgrade zurückgeführt wird, nämlich die Umwandlung von dichtem Kalkstein in krystallinen Marmor, in der Weise, daß von der Kontaktstelle aus die Wirkung oft mehrere Meter weit bemerklich ist, allmählich an

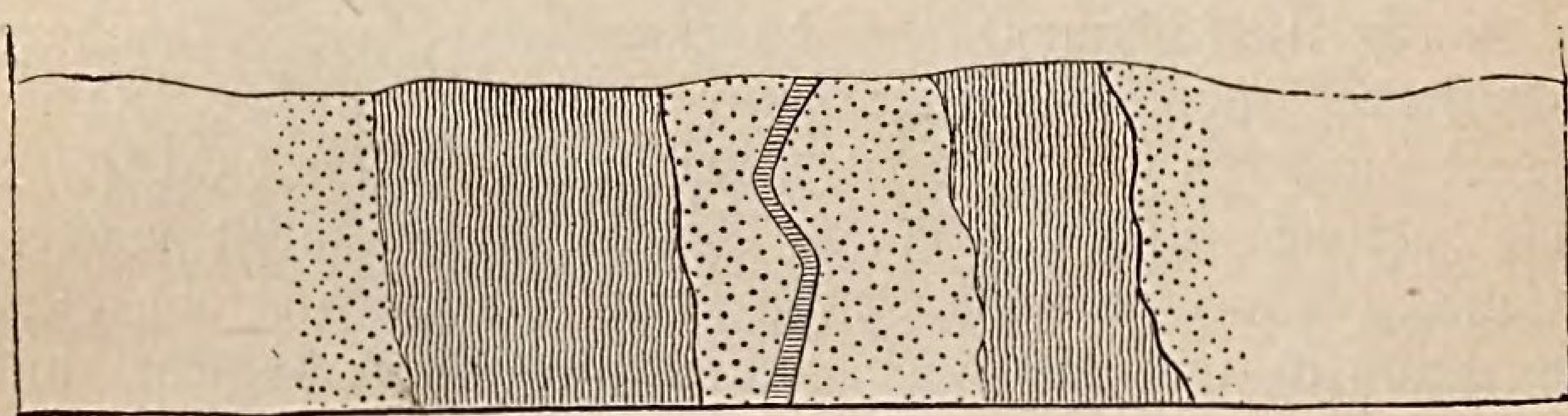


Fig. 39.

Intensität abnimmt und endlich ganz verschwindet. Ein instruktives Beispiel hiefür giebt die obenstehende Fig. 39, welche eine derartige Wirkung von Basaltgängen auf Kreide darstellt. Die Punkte lassen die Ausdehnung der Kontaktwirkungen erkennen; die Entfernung zwischen den beiden größeren Gängen beträgt 12 m.

Als hydatothermisch wird eine weitere Art der Kontaktwirkung bezeichnet, welche besonders an Kalkstein, Thonschiefer u. dgl. im Kontakt mit älteren Eruptivgesteinen (Granit, Syenit 2c.) nicht selten auftritt. Die genannten nichtkrystallinen Gesteine erscheinen im Kontakt mit Eruptivgesteinen nicht bloß in krystalline umgewandelt, sondern außerdem noch mit vielen fremden Mineralien, wie Granat, Hornblende, Epidot, Spinell, Glimmer u. a. erfüllt, welche wahrscheinlich wässerigen, vom Eruptivgestein aus durch feine Spalten des Nebengesteins eingedrungenen Lösungen ihr Dasein verdanken. Derartige Verhältnisse können in sehr schönen Beispielen

in Predazzo (Südtirol) studiert werden, wo triassischer Kalk durch Monzonit bis zu 3 m Entfernung in dieser Weise umgewandelt wurde.

257. Kontaktzonen der Schiefer. Eine besonders charakteristische Umwandlung zeigen Thonschiefer in Berührung mit Granit. Man kann hier eine allmähliche Abnahme der Wirkung des Eruptivgesteins mit der Entfernung von diesem an ganz verschiedenen Produkten erkennen. Unmittelbar an der Kontaktstelle sind die Schiefer in ein vollständig krystallines Gestein, in Hornfels, umgewandelt. In größerer Entfernung tritt allmählich die Schieferstruktur mit Beibehaltung des krystallinen Charakters, eine Art Glimmerschiefer, mehr und mehr hervor, zugleich aber beobachtet man zahlreiche Konkretionen in Form von größeren oder kleineren Knoten eingestreut, welche sich auch noch in immer mehr abnehmenden Dimensionen bis hinaus in den sonst unveränderten Thonschiefer fortsetzen. Es lassen sich daher drei Zonen von der Kontaktstelle nach außen unterscheiden: 1. die Zone der Hornfelse, 2. die Zone der Knotenglimmerschiefer, 3. die Zone der Knotenschiefer. Diese Zonen lassen sich manchmal rings um das Eruptivmassiv verfolgen und erstrecken sich zuweilen über mehrere 1000 m (!) von der Berührungsstelle in den Schiefer hinein.

Betrachtet man die große Ausdehnung solcher Kontaktwirkungen an manchen Stellen, so fällt es um so mehr auf, daß anderswo durchaus keine Einwirkung auf das durchbrochene Gestein zu bemerken ist, ja selbst eingeschlossene Schieferstücke von ganz geringen Dimensionen, welche, wenn die Temperatur des Eruptivgesteins eine so hohe war, daß es so kolossale Wirkungen, wie die eben erwähnten, hervorgebracht haben kann, total geschmolzen sein müßten, kaum die leiseste Spur einer Hitzewirkung an sich tragen. Wir stehen hier, wie anderswo, vor Rätseln, deren Lösung einer vielleicht noch sehr fernen Zukunft vorbehalten ist.

c) Allgemeiner Metamorphismus.

258. Erklärung. Schon früher wurde darauf hingewiesen, daß die krystallinen Schiefer zweifellos sedimentäre Gebilde darstellen, und dabei angeführt, daß jedoch die Frage offen stände, ob man sie als ursprüngliche oder als metamorphe Gesteine ansehen soll. Als Gründe für eine Metamorphose derselben werden angegeben, daß die chemische Zusammensetzung dieser Schiefer und der Thonschiefer nahe dieselbe sei und daß zuweilen ein allmählicher Uebergang in diese und andere Sedimentärgesteine, zwischen welchen die krystallinen Schiefer liegen, bemerklich ist. Da jedoch

die Annahme, diese Gesteine seien metamorphe Produkte, wie die beiden folgenden Paragraphen erkennen lassen, auf sehr bedeutende Schwierigkeiten stößt, dagegen die Unmöglichkeit einer ursprünglich krystallinen Ablagerung nirgend evident hervortritt, so scheint jetzt die Ansicht, daß hier keine metamorphen Gesteine vorliegen, sich mehr und mehr Eingang zu verschaffen.

Im folgenden sollen jene beiden Hypothesen, welche eine solche Umwandlung zu erklären suchen, kurz skizziert werden.

Gegen die ursprüngliche Entstehung der krystallinen Schiefer wird vorzüglich geltend gemacht, daß sich gegenwärtig keine derartigen Gesteine mehr bilden, und daß die Annahme, sie hätten sich aus einer Lösung ausgeschieden, wegen der ungemein geringen Löslichkeit der sie zusammensetzenden Mineralien unstatthaft sei. Allein gegen den ersteren Einwurf wird bemerkt, daß sich auch andere als nichtumgewandelte allgemein angenommene Gesteine jetzt nicht mehr bilden; die zweite Schwierigkeit fällt von selbst weg, wenn man unterläßt, für jene ältesten Gebilde der Erdoberfläche dieselben Bildungsverhältnisse anzunehmen, wie sie gegenwärtig gegeben sind. Sowohl die Temperatur jenes Lösungsmittels, als auch der Druck, unter welchem es stand, mußten notwendig viel bedeutender gewesen sein, was sofort einleuchtet, wenn man bedenkt, daß der Absatz jener Gesteine, als der wahrscheinlich ersten Ablagerungen auf die Erstarrungskruste, in einer Zeit erfolgte, wo die Abkühlung der Erde noch lange nicht so weit fortgeschritten war, wie gegenwärtig, und die Atmosphäre, welche eine große Menge jetzt niedergeschlagener Stoffe (z. B. allen Kohlenstoff, der gegenwärtig in den organischen Körpern vorkommt) enthielt, einen ungleich höheren Druck auf die Erdoberfläche ausüben mußte.

259. Plutonischer (anogener) **Metamorphismus.** Die erste der oben genannten Hypothesen für eine Umwandelung der krystallinen Schiefer nimmt an, daß aus dem Wasser abgesetzte Thon- und Sandsteine durch Einwirkung der Erdwärme mit Hülfe von Wasser und aufsteigenden Gasen und unterstützt durch den Druck der darüberliegenden Gesteinsmassen in abnehmender Progression von unten nach oben umgewandelt und krystallin geworden seien. In großen Tiefen mußte notwendig eine Schmelzung der Gesteinsmassen erfolgen; das Hervortreten dieser geschmolzenen Massen durch Spalten der Schichten hat die Granite und Syenite geschaffen. Demnach wäre erklärlich, warum die untersten Schichten die Umwandelung zeigen, während jüngere, höher gelagerte noch ihre ursprüngliche Beschaffenheit bewahrt haben. Beweis für die Richtigkeit der Ansicht sei der allmäh-

liche Uebergang zwischen den krystallinen Schiefern und jenen klastischen Gesteinen, der manchmal beobachtet werden kann, und die Analogie der Kontaktmetamorphose. Unerklärlich bleibt jedoch durch diese Lehre die Thatsache, daß nicht selten krystalline Schiefer auf vollständig intakten, keine Spur jener Umwandlung zeigenden, Versteinerungen führenden sedimentären Schichten auflagern. Auch darf nicht übersehen werden, daß, selbst für den Fall daß die Möglichkeit einer solchen Umwandlung auf das exakteste nachgewiesen würde (was bisher noch nicht geschah), daraus noch lange nicht die Wirklichkeit eines solchen Vorganges folgen würde.

260. **Hydrochemischer** (katogener) **Metamorphismus.** Im Gegensatz zu dieser Ansicht nimmt die zweite Hypothese eine Einwirkung von oben als Ursache der Umwandlung zuhülfe. Es ist schon früher gezeigt worden, daß die atmosphärischen Niederschläge von bedeutendem Einfluß auf die Gesteine sind. Denkt man sich die kohlensäurehaltigen Wässer immer tiefer und tiefer in ein Gestein eindringend, so werden sie sich allmählich mehr und mehr mit Minerallösungen sättigen und können dieselben nun in größeren Tiefen, wo ihre Wirkungen durch Druck und höhere Temperaturen unterstützt werden, krystallin absetzen; zugleich verbinden sich die zugeführten einfachen Verbindungen mit den vorhandenen, woraus die zusammengesetzten Silicate der krystallinen Schiefer (Feldspath, Glimmer) hervorgehen; überschüssige zugeführte Kieselsäure scheidet sich als Quarz aus.

Auch diese Hypothese löst einerseits die oben angeführten Schwierigkeiten der Wechsellagerung umgewandelter und nichtumgewandelter Schichten nicht; andererseits ist hier eben das, was man gegen eine ursprüngliche krystalline Ablagerung anführt, nämlich die Unlöslichkeit gewisser Mineralien, gerade für die Metamorphose angenommen. Abgesehen aber von diesen Einwänden geben die Gegner der Metamorphose zu bedenken, daß jene Umwandlungsvorgänge ganz unglaublich lange Zeiträume in Anspruch nehmen, da die Zeit, welche vom Silur bis jetzt verflossen ist, nicht dazu genügt; denn silurische Schiefer sind uns so zu sagen unverändert erhalten. Da nun aber silurische Schichten Bruchstücke desselben Gneißes, auf welchem sie liegen, einschließen, also seine Umwandlung bereits vollendet war, als das Silur sich absetzte, so müßte angenommen werden, daß zwischen dem Absatz des ursprünglichen Gneißmaterials und dem der silurischen Schichten größere Zeiträume als vom Silur bis jetzt verflossen waren.

Anhang.

Uebersicht der geologischen Formationsgruppen.

(Vgl. Fig. 40.)

4. Känozoische Formationsgruppe:

Quartärformation:	Alluvium Diluvium	Produkte noch thätiger Vulkane.
Tertiärformation: (Molassegruppe)	Pliocän Miocän Oligocän Eocän	Basalt, Trachyt (Liparit, Andesit), Phonolith, Gabbro.

3. Mesozoische Formationsgruppe:

Kreideformation:	Senon Turon Cenoman Gault Neocom (u. Wealden)	Gabbro, Trachyt (z. T.), Porphyrit.
Juraformation:	Malm Dogger Lias	
Triasformation:	Keuper Muschelkalk Buntsandstein	

2. Paläozoische Formationsgruppe:

Dyasformation:	Zechstein Rotliegendes	Porphyr, Melaphyr, Diabas.
Carbonformation: (Kohlengruppe)	Produktive Steinkohlenform. Flötzleerer Sandstein Culm und Kohlenkalk	
Devonformation: Silurformation:	Grauwackengruppe	

1. Archäische Formationsgruppe:

Huronformation: Laurentische Formation:	Metamorphe Gest.	Granit, Syenit, Diorit.

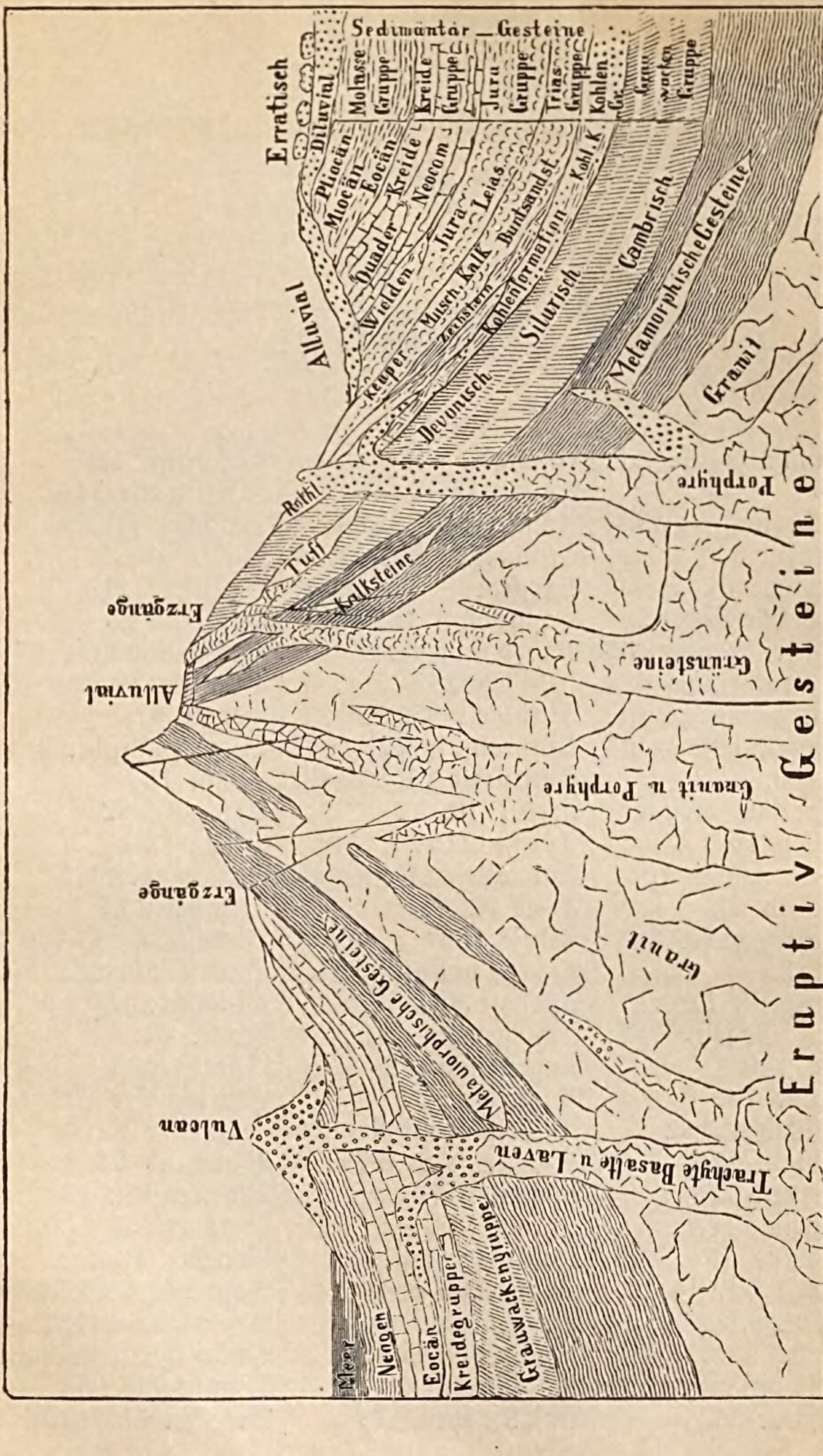

Erratisch
Sedimäntär Gesteine
Diluvial
Molasse-Gruppe
Kreide Gruppe
Jura Gruppe
Trias Gruppe
Kohlen Gr.
Grauwacken Gruppe
Pliocän
Miocän
Eocän
Kreide
Quader
Neocom
Wielden
Jura
Leias
Keuper
Musch. Kalk
Zechstein
Buntsandst.
Kohlenformation
Kohl. K.
Devonisch
Silurisch
Cambrisch
Metamorphische Gesteine
Alluvial
Granit
Porphyre
Rothl.
Tuff
Kalksteine
Erzgänge
Alluvial
Grünsteine
Granit u. Porphyre
Erzgänge
Granit
Metamorphische Gesteine
Eruptiv Gesteine
Vulcan
Trachyte Basalte u. Laven
Meer
Eocän
Kreidegruppe
Grauwackengruppe

Fig. 40.

Register.

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

Baustile. Siebente Auflage. — **Katechismus der Baustile, oder Lehre der architektonischen Stilarten von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart.** Von Dr. Ed. Freiherrn von Sacken. Siebente, verbesserte Auflage. Mit einem Verzeichnis von Kunstausdrücken und 103 in den Text gedruckten Abbildungen. [Unter der Presse.

Bibliothekenlehre. Dritte Auflage. — **Katechismus der Bibliothekenlehre.** Anleitung zur Einrichtung und Verwaltung von Bibliotheken. Von Dr. Jul. Petzholdt. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 17 in den Text gedruckten Abbildungen und 15 Schrifttafeln. M. 2

Bienenkunde. Zweite Auflage. — **Katechismus der Bienenkunde und** Bienenzucht. Von G. Kirsten. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 47 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1

Bleicherei, Färberei und Zeugdruck. — **Katechismus der Bleicherei,** Färberei und des Zeugdrucks, oder Lehre von der chemischen Bearbeitung der Gespinstfasern. Von Herm. Grothe. Mit 44 in den Text gedruckten Abbildungen und zwei Tafeln Zeugproben. M. 1. 50

Börsengeschäft. Zweite Auflage. — **Katechismus des Börsengeschäfts,** des Fonds- und Aktienhandels. Von Hermann Hirschbach. Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage. M. 1. 50

Botanik. — **Katechismus der Allgemeinen Botanik. Von Prof. Dr.** Ernst Hallier. Mit 95 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Botanik, landwirtschaftliche. Zweite Auflage. — **Katechismus der landwirtschaftlichen Botanik.** Von Karl Müller. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage von R. Herrmann. Mit 4 Tafeln und 48 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50

Buchdruckerkunst. Vierte Auflage. — **Katechismus der Buchdruckerkunst** und der verwandten Geschäftszweige. Von C. A. Franke. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage, bearbeitet von Alexander Waldow. Mit 42 in den Text gedruckten Abbildungen und Tafeln. M. 2. 50

Buchführung. Zweite Auflage. — **Katechismus der kaufmännischen Buchführung.** Zweite Auflage, ganz neu bearbeitet von Oskar Klemich. Mit 7 in den Text gedruckten Abbildungen und 3 Wechselformularen. M. 2

Buchführung, landwirtschaftliche. — **Katechismus der landwirtschaftlichen Buchführung.** Von Prof. K. Birnbaum. M. 2

Chemie. Vierte Auflage. — **Katechismus der Chemie. Von Prof. Dr. H.** Hirzel. Vierte, vermehrte Auflage. Mit 31 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Chemikalienkunde. — **Katechismus der Chemikalienkunde. Eine kurze** Beschreibung der wichtigsten Chemikalien des Handels. Von Dr. G. Heppe. M. 2

Chronologie. Dritte Auflage. — **Kalenderbüchlein. Katechismus der** Chronologie mit Beschreibung von 33 Kalendern verschiedener Völker und Zeiten. Von Dr. Adolph Drechsler. Dritte, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. M. 1. 50

☞ **Gebunden** sind zurzeit nur die mit * versehenen Bändchen zu haben.

*__Dampfmaschinen.__ — __Katechismus der stationären Dampfkessel und__ Dampfmaschinen. Ein Lehr- und Nachschlagebüchlein für Praktiker, Techniker und Industrielle. Von Ingenieur Th. Schwartze. Mit 165 in den Text gedruckten und 8 Tafeln Abbildungen. M. 2. 50

*__Drainierung.__ Dritte Auflage. — __Katechismus der Drainierung und der__ Entwässerung des Bodens überhaupt. Von Dr. William Löbe. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 92 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

__Dramaturgie.__ — __Katechismus der Dramaturgie. Von Robert Prölß.__ M. 2. 50

*__Droguenkunde.__ — __Katechismus der Droguenkunde. Von Dr. G. Heppe.__ Mit 30 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

__Einjährig-Freiwillige.__ Zweite Ausgabe. — __Katechismus für den Ein-__ jährig-Freiwilligen. Von M. von Süßmilch, gen. Hörnig. Zweite, durchgesehene Ausgabe. Mit 52 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

*__Elektrotechnik.__ — __Katechismus der Elektrotechnik.__ Von Th. Schwartze. Mit in den Text gedruckten Abbildungen. [Unter der Presse.

*__Ethik.__ — __Katechismus der Sittenlehre. Von Lic. Dr. Friedrich__ Kirchner. M. 2. 50

*__Farbwarenkunde.__ — __Katechismus der Farbwarenkunde. Von Dr. G.__ Heppe. M. 2

__Feldmeßkunst.__ Dritte Auflage. — __Katechismus der Feldmeßkunst mit__ Kette, Winkelspiegel und Meßtisch. Von Fr. Herrmann. Dritte, verbesserte, nach dem metrischen Systeme bearbeitete Auflage. Mit 92 in den Text gedruckten Figuren und einer Flurkarte. M. 1. 20

*__Feuerlöschwesen.__ [In Vorbereitung.

*__Finanzwissenschaft.__ Dritte Auflage. — __Katechismus der Finanzwissen-__ schaft oder die Kenntnis der Grundbegriffe und Hauptlehren der Verwaltung der Staatseinkünfte. Von A. Bischof. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. M. 1. 50

*__Fischzucht.__ — __Katechismus der Fischzucht.__ [In Vorbereitung.

__Flachsbau.__ — __Katechismus des Flachsbaues und der Flachsbereitung.__ Von K. Sonntag. Mit 12 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1

*__Fleischbeschau.__ — __Katechismus der mikroskopischen Fleischbeschau. Von__ F. W. Rüffert. Mit 28 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1

__Forstbotanik.__ Dritte Auflage. — __Katechismus der Forstbotanik. Von__ H. Fischbach. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 77 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

__Galvanoplastik.__ Zweite Auflage. — __Katechismus der Galvanoplastik.__ Ein Handbuch für das Selbststudium und den Gebrauch in der Werkstatt. Von Dr. G. Seelhorst. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit Titelbild und 40 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50

*__Gedächtniskunst.__ Fünfte Auflage. — __Katechismus der Gedächtniskunst__ oder Mnemotechnik. Von Hermann Kothe. Fünfte, von J. B. Montag sehr verbesserte und vermehrte Auflage. M. 1. 50

__Geographie.__ Dritte Auflage. — __Katechismus der Geographie. Von Dr.__ K. Vogel. Dritte, von Prof. Dr. O. Delitsch besorgte Auflage. Mit 24 in den Text gedruckten Karten und Abbildungen. M. 1. 20

*__Geographie, mathematische.__ — __Katechismus der mathemat. Geographie.__ Von Dr. Ad. Drechsler. Mit 113 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

__Geologie.__ Dritte Auflage. — __Katechismus der Geologie, oder Lehre vom__ innern Bau der festen Erdkruste und von deren Bildungsweise. Von Prof. Bernhard v. Cotta. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 50 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50

__Geometrie.__ Zweite Auflage. — __Katechismus der ebenen und räumlichen__ Geometrie. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 in den Text gedruckten Figuren und 2 Tabellen zur Maßverwandlung. M. 2

__Gesangskunst.__ Dritte Auflage. — __Katechismus der Gesangskunst. Von__ F. Sieber. Dritte, verbesserte Auflage. Mit vielen in den Text gedruckten Notenbeispielen. M. 1. 50

__Geschichte__ s. Weltgeschichte.

__Geschichte, deutsche.__ — __Katechismus der deutschen Geschichte. Von__ Dr. Wilh. Kentzler. M. 2. 50

__Gesundheitslehre__ s. Makrobiotik.

*__Girowesen.__ — __Katechismus des Girowesens. Von Karl Berger.__ Mit 21 Geschäfts-Formularen. M. 2

*__Handelskorrespondenz.__ — __Katechismus der kaufm. Korrespondenz in__ deutscher Sprache. Von C. F. Findeisen. M. 2

__Handelsrecht.__ — __Katechismus des deutschen Handelsrechts, nach dem__ Allgemeinen Deutschen Handelsgesetzbuche. Von Robert Fischer. M. 1. 25

__Handelswissenschaft.__ Fünfte Auflage. — __Katechismus der Handelswissen-__schaft. Von K. Arenz. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. M. 1. 50

*__Heraldik.__ Dritte Auflage. — __Katechismus der Heraldik. Grundzüge__ der Wappenkunde. Von Dr. Ed. Freih. v. Sacken. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 202 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

__Hufbeschlag.__ Zweite Auflage. — __Katechismus des Hufbeschlages. Zum__ Selbstunterricht für jedermann. Von E. Th. Walther. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 67 in den Text gedr. Abbild. M. 1. 20

__Hüttenkunde.__ — __Katechismus der allgemeinen Hüttenkunde. Von Dr.__ E. F. Dürre. Mit 209 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 4

__Kalenderbüchlein__ s. Chronologie.

__Kalenderkunde.__ — __Katechismus der Kalenderkunde. Belehrungen über__ Zeitrechnung, Kalenderwesen und Feste. Von O. Freih. v. Reinsberg-Düringsfeld. Mit 2 in den Text gedruckten Tafeln. M. 1

__Kindergärtnerei.__ Zweite Auflage. — __Katechismus der praktischen Kinder-__gärtnerei. Von Fr. Seidel. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 35 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 20

*__Kirchengeschichte.__ — __Katechismus der Kirchengeschichte. Von Lic. Dr.__ Friedrich Kirchner. M. 2. 50

*__Klavierspiel.__ — __Katechismus des Klavierspiels. Von Franklin__ Taylor, deutsch von Mathilde Stegmayer. Mit vielen in den Text gedruckten Notenbeispielen. M. 1. 50

☞ __Gebunden__ sind zurzeit nur die mit * versehenen Bändchen zu haben.

***Kompositionslehre.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Kompositionslehre.** Von Prof. J. C. Lobe. Vierte, verbesserte Auflage. Mit vielen in den Text gedruckten Musikbeispielen. M. 2

***Kriegsmarine, Deutsche.** — **Katechismus der Deutschen Kriegsmarine.** Von Prem.-Lieut. Gg. Pavel. Mit 3 Abbildungen. M. 1. 50

***Kulturgeschichte.** — **Katechismus der Kulturgeschichte. Von J. J.** Honegger. M. 2

***Kunstgeschichte.** — **Katechismus der Kunstgeschichte. Von Bruno** Bucher. Mit 273 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 4

Litteraturgeschichte. Zweite Auflage. — **Katechismus der allgemeinen** Litteraturgeschichte. Von Dr. Ad. Stern. Zweite, durchgesehene Auflage. M. 2. 40

***Litteraturgeschichte, deutsche.** Sechste Auflage. — **Katechismus der** deutschen Litteraturgeschichte. Von Oberschulrat Dr. Paul Möbius. Sechste, vervollständigte Auflage. M. 2

***Logarithmen.** — **Katechismus der Logarithmen. Von Max Meyer.** Mit 3 Tafeln Logarithmen und trigonometrischen Zahlen und 7 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

***Logik.** — **Katechismus der Logik. Von Lic. Dr. Friedr. Kirchner.** Mit 36 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

Makrobiotik. Dritte Auflage. — **Katechismus der Makrobiotik, oder der** Lehre, gesund und lange zu leben. Von Dr. med. H. Klencke. Dritte, durchgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 63 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Marine s. Kriegsmarine.

***Mechanik.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Mechanik. Von Ph.** Huber. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 152 in den Text gedruckten Figuren. M. 2

Meteorologie. Zweite Auflage. — **Katechismus der Meteorologie. Von** Heinr. Gretschel. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 53 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50

Mineralogie. Dritte Auflage. — **Katechismus der Mineralogie. Von** Prof. Dr. G. Leonhard. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 150 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 20

Mnemotechnik s. Gedächtniskunst.

***Musik.** Einundzwanzigste Auflage. — **Katechismus der Musik. Erläuterung** der Begriffe und Grundsätze der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. J. C. Lobe. Einundzwanzigste Auflage. M. 1. 50

Musikgeschichte. — **Katechismus der Musikgeschichte. Von R. Musiol.** Mit 14 in den Text gedruckten Abbildungen und 34 Notenbeispielen. M. 2

***Musikinstrumente.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Musikinstrumente** oder Belehrung über Gestalt, Tonumfang, Notierungsweise, Klang, Wirkung, Orchester- und Sologebrauch der verbreitetsten musikalischen Instrumente. Von F. L. Schubert. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Rob. Musiol. Mit 62 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50

☞ **Gebunden** sind zurzeit nur die mit * versehenen Bändchen zu haben.

*__Mythologie.__ Vierte Auflage. — **Katechismus der Mythologie aller** Kulturvölker. Von Prof. Dr. Johannes Minckwitz. Vierte Auflage. Mit 72 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

Naturlehre. Dritte Auflage. — **Katechismus der Naturlehre, oder** Erklärung der wichtigsten physikalischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens. Nach dem Englischen des Dr. C. E. Brewer. Dritte, von Heinrich Gretschel umgearbeitete Auflage. Mit 55 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Nivellierkunst. Zweite Auflage. — **Katechismus der Nivellierkunst. Mit** besonderer Rücksicht auf praktische Anwendung bei Erdarbeiten, Bewässerungen, Drainieren, Wiesen- und Wegebau ꝛc. Von Fr. Herrmann. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 56 in den Text gedruckten Figuren. M. 1. 20

*__Nutzgärtnerei.__ Vierte Auflage. — **Katechismus der Nutzgärtnerei, oder** Grundzüge des Gemüse- und Obstbaues. Von Hermann Jäger. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 54 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Orgel. Zweite Auflage. — **Katechismus der Orgel. Erklärung ihrer** Struktur, besonders in Beziehung auf technische Behandlung beim Spiel. Von Prof. E. F. Richter. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 25 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 20

Ornamentik. Zweite Auflage. — **Katechismus der Ornamentik, oder** Leitfaden über die Geschichte, Entwickelung und die charakteristischen Formen der bedeutendsten Verzierungsstile aller Zeiten. Von F. Kanitz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 130 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Orthographie. Vierte Auflage. — **Katechismus der deutschen Orthographie.** Von Dr. D. Sanders. Vierte, verbesserte Auflage. M. 1. 50

*__Petrographie.__ — **Katechismus der Petrographie. Lehre von der** Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine. Von Dr. J. Blaas. Mit 40 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

*__Philosophie.__ Zweite Auflage. — **Katechismus der Philosophie. Von** J. H. v. Kirchmann. Zweite, verbesserte Auflage. M. 2. 50

——— — **Katechismus der Geschichte der Philosophie von Thales bis** zur Gegenwart. Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. M. 2. 50

Photographie. Dritte Auflage. — **Katechismus der Photographie, oder** Anleitung zur Erzeugung photographischer Bilder. Von Dr. J. Schnauß. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 30 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50

Phrenologie. Sechste Auflage. — **Katechismus der Phrenologie. Von** Dr. G. Scheve. Sechste, verbesserte Auflage. Mit einem Titelbild und 18 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 20

*__Physik.__ Dritte Auflage. — **Katechismus der Physik. Von Heinrich** Gretschel. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 157 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

Poetik. Zweite Auflage. — **Katechismus der deutschen Poetik. Von Prof.** Dr. J. Minckwitz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 1. 50

☞ **Gebunden** sind zurzeit nur die mit * versehenen Bändchen zu haben.

***Psychologie.** — **Katechismus der Psychologie. Von** Lic. Dr. **Fr. Kirchner.** [In Vorbereitung.

Raumberechnung. Zweite Auflage. — **Katechismus der Raumberechnung,** oder Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art. Von Fr. Herrmann. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 59 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 20

***Redekunst.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Redekunst. Anleitung** zum mündlichen Vortrage. Von Dr. Roderich Benedix. Dritte, durchgesehene Auflage. M. 1. 50

***Reichspost.** — **Katechismus der Deutschen Reichspost. Von Wilh.** Lenz. Mit 10 in den Text gedruckten Formularen. M. 2. 50

***Reichsverfassung.** Zweite Auflage. — **Katechismus des Deutschen Reiches.** Ein Unterrichtsbuch in den Grundsätzen des deutschen Staatsrechts, der Verfassung und Gesetzgebung des Deutschen Reiches. Von Dr. Wilh. Zeller. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 3

***Rosenzucht.** — **Katechismus der Rosenzucht. Von Herm. Jäger.** Mit 52 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

***Schachspielkunst.** Achte Auflage. — **Katechismus der Schachspielkunst.** Von K. J. S. Portius. Achte, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 2

Schreibunterricht. Zweite Auflage. — **Katechismus des Schreibunterrichts.** Zweite, neubearbeitete Auflage. Von Herm. Kaplan. Mit 147 in den Text gedruckten Figuren. M. 1

***Schwimmkunst.** — **Katechismus der Schwimmkunst. Von Martin** Schwägerl. Mit 113 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Spinnerei und Weberei. Zweite Auflage. — **Katechismus der Spinnerei,** Weberei und Appretur, oder Lehre von der mechanischen Verarbeitung der Gespinstfasern. Von Herm. Grothe. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 101 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50

Sprachlehre. Dritte Auflage. — **Katechismus der deutschen Sprachlehre.** Von Dr. Konrad Michelsen. Dritte, verbesserte Auflage, herausgegeben von Ed. Michelsen. M. 2

Stenographie. — **Katechismus der deutschen Stenographie. Ein Leitfaden** für Lehrer und Lernende der Stenographie im allgemeinen und des Systems von Gabelsberger im besondern. Von Heinrich Krieg. Mit vielen in den Text gedruckten stenographischen Vorlagen. M. 2

***Stilistik.** — **Katechismus der Stilistik. Ein Leitfaden zur Ausarbeitung** schriftlicher Aufsätze. Von Dr. Konrad Michelsen. M. 2

***Tanzkunst.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Tanzkunst. Ein Leitfaden** für Lehrer und Lernende. Von Bernhard Klemm. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit vielen in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

***Telegraphie.** Sechste Auflage. — **Katechismus der elektrischen Telegraphie.** Von L. Galle. Sechste, wesentlich vermehrte und verbesserte Auflage, bearbeitet von Dr. K. Ed. Zetzsche. Mit in den Text gedruckten Abbild. [Unter der Presse.

***Tierzucht, landwirtschaftliche.** — **Katechismus der landwirtschaftlichen** Tierzucht. Von Dr. Eugen Werner. Mit 20 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

☞ **Gebunden** sind zurzeit nur die mit * versehenen Bändchen zu haben.

***Trigonometrie.** — **Katechismus der ebenen und sphärischen Trigonometrie.** Von Franz Bendt. Mit 36 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50

***Turnkunst.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Turnkunst. Von Dr.** M. Kloss. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 104 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

Uhrmacherkunst. Zweite Auflage. — **Katechismus der Uhrmacherkunst.** Anleitung zur Kenntnis, Berechnung, Konstruktion und Behandlung der Uhrwerke jeder Art. Von Friedrich Herrmann. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 57 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1

Unterricht. Zweite Auflage. — **Katechismus des Unterrichts und der** Erziehung. Von Dr. C. F. Lauckhard. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 40 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 20

***Urkundenlehre.** — **Katechismus der Diplomatik, Paläographie, Chronologie** und Sphragistik. Von Dr. Fr. Leist. Mit 5 Tafeln Abbildungen. M. 4.

Versicherungswesen. — **Katechismus des Versicherungswesens. Von** Oskar Lemcke. M. 1. 50

***Verskunst.** Zweite Auflage. — **Katechismus der deutschen Verskunst.** Von Dr. Roderich Benedix. Zweite Auflage. M. 1. 20

Völkerrecht. — **Katechismus des Völkerrechts. Mit Rücksicht auf die** Zeit- und Streitfragen des internationalen Rechtes. Von A. Bischof. M. 1. 20

***Volkswirtschaftslehre.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Volkswirtschaftslehre.** Ein Unterrichtsbuch in den Anfangsgründen der Wirtschaftslehre. Von Dr. Hugo Schober. Dritte, umgearbeitete Auflage. [Unter der Presse.

Warenkunde. Vierte Auflage. — **Katechismus der Warenkunde. Von** E. Schick. Vierte, von Dr. G. Heppe neu bearbeitete Auflage. M. 2. 40

Wechselrecht. Zweite Auflage. — **Katechismus des allgemeinen deutschen** Wechselrechts. Mit besonderer Berücksichtigung der Abweichungen und Zusätze der österreichischen Wechselordnung. Von Karl Arenz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 1

Weinbau. Zweite Auflage. — **Katechismus des Weinbaues. Von Fr.** Jac. Dochnahl. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 38 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 20

Weltgeschichte. — **Katechismus der Allgemeinen Weltgeschichte. Von** Theodor Flathe. Mit 5 Stammtafeln und einer tabellarischen Übersicht. M. 2. 40

Ziergärtnerei. Vierte Auflage. — **Katechismus der Ziergärtnerei, oder** Belehrung über Anlage, Ausschmückung und Unterhaltung der Gärten, so wie über Blumenzucht. Von H. Jäger. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 69 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Zoologie. — **Katechismus der Zoologie. Von Prof. C. G. Giebel.** Mit 125 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Verlag von J. J. Weber in Leipzig.

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

☞ **Gebunden** sind zurzeit nur die mit * versehenen Bändchen zu haben.

WEBERS ILLUSTRIERTE KATECHISMEN.

LEIPZIG, VERLAG von J. J. WEBER.